This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

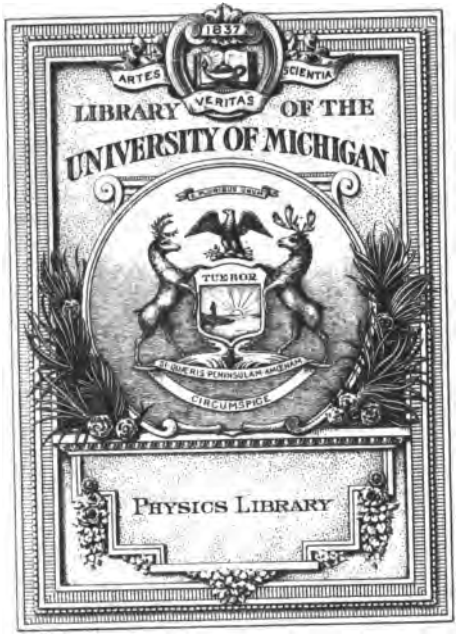
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

OSTWALD'S KLASSIKER

DER

EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.



Nr. 1. ℳ —.80.

» 2. hrten Ver-
ungs- und
.) ℳ —.80.

» 7.) Herausg.

» 10. ın Ströme.

» 11. ionen üb.
u. 2. Tag
sg. v. A.

» 12. . Ebert.

» 13. netismus.
4 Textfig.

» 20. ausg. von

» 21. r Elektro-
stwald.

» 23. . (142 S.)

» 24. (nen über
e neue Wissenszweige etc. (1638.) 3. u. 4. Tag mit 90 Fig. im Text. Aus dem Italien. u. Latein. übers. u. herausg. von A. von Oettingen. (141 S.) ℳ 2.—.

» 25. —— —— (1638.) Anhang zum 3. u. 4. Tag, 5. u. 6. Tag, mit 23 Fig. im Text. Aus dem Italien. u. Latein. übers. u. herausg. von A. von Oettingen. (66 S.) ℳ 1.20.

» 31. **Lambert's** Photometrie. (Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae). (1760.) Deutsch herausg. v. E. Anding. Erstes Heft: Theil I und II. Mit 35 Fig. im Text. (135 S.) ℳ 2.—.

» 32. —— —— Zweites Heft: Theil III, IV und V. Mit 32 Figuren im Text. (112 S.) ℳ

» 33. —— —— Drittes Heft: mer-
kungen. Mit 8 Figuren im

Fortsetz hlages.

Physics L...
QC
621
.S45

MAGNETISCHE POLARISATION

der

Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz.

Von

TH. J. SEEBECK.

(1822—1823.)

Herausgegeben

von

A. J. v. Oettingen.

Mit 33 Textfiguren.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1895.

© 11-8-27 H.A.D.
Physics
Harvard
5-10-27
14068

[265]

Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz.

Von

Hrn. Seebeck.

[Auszug*) aus vier Vorlesungen, welche in der Academie der Wissenschaften am 16. August, am 18. und 25. Oktober 1821 und am 11. Februar 1822 gehalten worden.]

Aus meinen Untersuchungen über den Magnetismus der galvanischen Ketten in den Abhandlungen der Königl. Academie von 1820—1821 S. 289—346 hatte sich ergeben, dass die Intensität des Magnetismus dieser Ketten in geradem Verhältniss zu der Energie der durch den feuchten Leiter begründeten chemischen Action stehe, mit dieser steige und falle; ferner, dass wenn auch in den gewöhnlich angewendeten und manchen andern galvanischen Ketten ein festes und gleiches Verhältniss zwischen der magnetischen und elektrischen Polarisation besteht, — die letztere den herrschenden elektrochemischen und elektromagnetischen Theorien

*) Zufällige Umstände haben veranlasst, dass diese Abhandlung im vorhergehenden Bande der Denkschriften der Königl. Academie nicht mehr erscheinen konnte, wohin sie dem grössten Theil ihres Inhaltes nach gehört. Ich habe hier den im Texte enthaltenen Beobachtungen, welche sämtlich von Ende des Julius 1821 bis Anfang Februars 1822 gemacht worden, noch einige neuere Beobachtungen hinzugefügt, doch habe ich diese, zur Unterscheidung, in die Noten unter und am Ende der Abhandlung verlegt. Noch bemerke ich, dass die in den Metallverzeichnissen mit Sternchen bezeichneten Körper später hinzugekommen sind.

zufolge, als von dem Berührungspunkte der Metalle mit einander ausgehend angenommen, — dieses Verhältniss dennoch nicht unveränderlich sei, sondern dass der feuchte Leiter auch auf die Lage der Metalle gegen die magnetischen Pole der Ketten einen entschiedenen Einfluss habe, und nicht selten gerade die entgegengesetzte Lage derselben von der, welche man als normal angesehen hatte, veranlasse.

[266] Bei Fortsetzung der Untersuchungen über das gegenseitige Verhalten der elektrischen, chemischen und magnetischen Thätigkeiten in den galvanischen Ketten, stiess ich auf Erscheinungen, welche mir anzudeuten schienen, dass auch wohl zwei Metalle für sich, kreisförmig mit einander verbunden, ohne Mitwirkung irgend eines feuchten Leiters magnetisch werden möchten. Auch noch andere Gründe schienen dafür zu sprechen. Denn aus mehreren Thatsachen und namentlich aus den S. 346 der oben angeführten Abhandlung erwähnten, schien hervorzugehen, dass nicht sowohl die Action an dem Berührungspunkte der Metalle mit einander, als vielmehr die Ungleichheit der Actionen an den beiden Berührungspunkten der Metalle mit dem feuchten Leiter die magnetische Polarisation der ganzen geschlossenen Kette begründe;[1]) auch war wohl nicht zu bezweifeln, dass selbst dann, wenn der Action am zuerst genannten Berührungspunkte ein Antheil an der Erregung des Magnetismus zugestanden werden müsste, doch schon das Uebergewicht der Action an einem der Berührungspunkte über die an den andern beiden Berührungspunkten eine magnetische Spannung veranlassen könne; und dieses, glaubte ich, berechtige wohl zu der Erwartung, dass bei irgend einem eintretenden Missverhältniss in dem Zustande der Berührungspunkte zweier kreisförmig mit einander verbundenen Metalle eine magnetische Polarisation hervortreten könne.[2])

Zu den ersten, in diesem Sinne unternommenen Versuchen wählte ich zwei Metalle, welche ich als Glieder in den gewöhnlichen galvanischen Ketten mit Kupfer verbunden in manchen Stücken abweichend und veränderlich gefunden hatte, Wismuth und Antimon. Durch beide sah ich meine Erwartung erfüllt, doch war ihre Wirkung verschieden.

1. Eine Scheibe von Wismuth unmittelbar auf einer Kupferscheibe liegend, zwischen die beiden Enden eines im magnetischen Meridian liegenden spiralförmig gewundenen Kupferstreifens von 40 Fuss Länge und $2\frac{1}{2}$ Lin. Breite

gebracht, zeigte bei der Schliessung des Kreises sogleich eine deutliche Declination der Magnetnadel.

[267] Lag die Spirale gegen Norden und die Enden derselben gegen Süden, so wich der Nordpol (— m)*) der Nadel, welche innerhalb der Spirale stand um einige Grade westlich ab, wenn das obere Ende der Spirale auf die Wismuthscheibe niedergedrückt wurde (Fig. 1.). Die Declination war dagegen östlich, wenn die Spirale in Süden, die Metallscheibe in Norden lag.

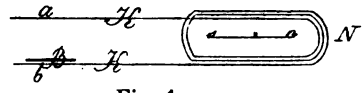


Fig. 1.

Die Declination blieb dieselbe der Richtung nach, nur war sie schwächer, wenn die Kupferscheibe oben, die Wismuthscheibe unten lag und das obere Ende der Spirale auf die Kupferscheibe niedergedrückt wurde. Dieser Erfolg bestimmte mich in den folgenden Versuchen immer nur einfache Metallscheiben mit der Spirale in Berührung zu bringen, und auch die übrigen Metalle zeigten sich so am wirksamsten.

Umkehrung der Spirale, so dass das vorher unten gelegene Ende nun oben zu liegen kam, änderte die Declination nicht, wenn nicht zugleich die Lage der Spirale gegen die Weltgegenden geändert wurde. Hieraus folgt, dass nicht irgend eine in den Endstreifen der Spirale liegende Verschiedenheit die Ursache der magnetischen Spannung der Kette sei.

Auch ein einfacher Streifen von Kupferblech, bügelförmig um die Boussole geschlagen und mit der Wismuthscheibe auf die angeführte Art in Berührung gebracht, gab dieselbe Declination, obwohl schwächer als die Spirale. Betrug die ruhende Declination in dieser 7°, so gab ein $\frac{1}{2}$ Zoll breiter Kupferstreifen nur eine Declination von 4°; ein $2\frac{1}{2}$ Lin. breiter einfacher Kupferstreifen bewirkte eine noch schwächere Declination.

2. Eine Scheibe von Antimon zwischen den Enden der Spirale oder des einfachen Kupferstreifens verhielt sich anders.

Lag die Spirale gegen Norden, die Enden derselben gegen Süden, so wich die Nadel innerhalb der Spirale östlich ab, wenn das obere Ende derselben auf die Antimonscheibe

*) Der Nordpol der Erde mit $+M$ bezeichnet.

niedergedrückt wurde. Umgekehrt war es, wenn die Spirale gegen Süden lag, die Declination war dann westlich.

Das Verhalten des Antimons ist also dem des Wismuths gerade entgegengesetzt.

Die Declination bei der Verbindung von Antimon mit Kupfer war schwächer als die in der Kette von Wismuth mit Kupfer, doch immer noch deutlich.

[268] 3. Das dritte nun mit der Kupferspirale verbundene Metall, eine Zinkscheibe, zeigte abermals ein anderes Verhalten. Bei der Schliessung des Kreises erfolgte hier keine Declination, die Magnetnadel blieb vollkommen in Ruhe.

4. Eben so wenig erfolgte eine Declination als eine Scheibe von Silber oder eine von Kupfer an die Stelle des Zinks gesetzt wurde. Die Magnetnadel wich nicht im mindesten von ihrer Lage im magnetischen Meridian ab, und dies eben so wenig, wenn jene Metalle mit Zink verbunden, als wenn sie einzeln angewendet wurden.

5. Bei allen diesen Versuchen hatte ich die Kette in der Art geschlossen, dass ich die zu untersuchende Metallscheibe auf das untere Ende der Spirale oder des einfachen Streifens legte, und das obere frei schwebende Ende mit den Fingern auf die Scheibe niederdrückte. Es konnte daher bei den ersten Versuchen wohl die Frage aufgeworfen werden, ob nicht die Hand hier die Stelle des feuchten Leiters vertrete, und ob nicht Wismuth und Antimon nur dadurch entgegengesetzte Declinationen bewirkten, dass das eine unter Mitwirkung der Feuchtigkeit der Hand mit Kupfer $+E$, das andere $-E$ werde.

Das gänzliche Ausbleiben einer magnetischen Spannung bei Verbindung des Zinks mit dem Kupferstreifen, wo dieser Annahme zufolge eine stärkere Spannung hätte erfolgen sollen, musste schon gegen die Zulässigkeit derselben Bedenken erregen.

Einige Versuche, welche mit feuchten Leitern angestellt wurden, zeigten noch bestimmter, dass Feuchtigkeit der Hand hierbei nicht mitwirken könne. Denn wenn das obere Ende der Spirale vermittelst einer mit Wasser benetzten Pappscheibe auf die Wismuthscheibe gedrückt wurde, so fand keine Declination statt; und war die Pappe mit Salzwasser benetzt, so erfolgte die entgegengesetzte Declination von der, welche sich bei Berührung mit der Hand ergeben hatte. Andere feuchte Leiter zeigten ein ähnliches Verhalten.

6. Vollständig wurde aber die Annahme, dass wir es hier nur mit gewöhnlichen galvanischen Ketten zu thun haben, dadurch widerlegt, dass auch dann noch, wenn das obere schwebende Ende des Kupferstreifens mit einem Stäbchen von irgend einem andern Metall auf die Wismuth- oder Antimonscheibe niedergedrückt wurde, ja dass [269] selbst dann, wenn das obere Ende der Spirale, welche mit der Wismuth- oder Antimonscheibe in Berührung stand, mit einer trockenen dünnen Glasscheibe bedeckt war, und diese mit der Hand berührt wurde und einige Zeit in Berührung blieb, innerhalb der geschlossenen Kreise ganz dieselben, obwohl schwächere Declinationen erfolgten, als bei der unmittelbaren Berührung der die Kette bildenden Metalle mit der Hand.

Hierdurch war zugleich die Annahme widerlegt, dass wohl eine Elektricitätserregung durch den Contact jener beiden Metalle mit der Hand, als trockener Körper angesehen, die Ursache der magnetischen Spannung sein könnte.

7. Das obere Ende der Spirale wurde auf der Wismuthscheibe befestigt, und das untere Ende derselben an die untere Fläche des Wismuths mit der Hand gedrückt; es erfolgten jetzt die entgegengesetzten Declinationen von den in §. 1 angegebenen, wo mit der Hand oben geschlossen wurde.

Wurden die beiden Enden der Spirale oben und unten zugleich mit den Fingern an die Wismuthscheibe gedrückt, so zeigte sich keine Abweichung der Magnetnadel.

8. Statt der Spirale oder des einfachen Bogens von Kupferblech wurden nun auch andere Metalle angewendet, namentlich dünne 1½ bis 2 Fuss lange und 4 bis 6 Linien breite Streifen von Zink, Zinn, Blei, Silber und Platina. Wismuth gab mit jedem derselben bei der Schliessung dieselbe Declination wie mit dem Kupferstreifen, nämlich eine westliche, wenn der Bogen mit der Boussole innerhalb desselben gegen Norden, Wismuth im Süden lag, und die Kette oben mit der Hand geschlossen wurde.

Antimon bewirkte mit allen jenen Metallstreifen die entgegengesetzte Declination, d. h. eine östliche in der angegebenen Lage und von oben geschlossen. Es verhielt sich also gleichfalls wie zwischen dem Kupferstreifen.

Kupfer zwischen diesen Metallbogen zeigte keine Wirkung.

9. Von den übrigen Metallen, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, fand ich Nickel, Kobalt und Uran bei

der Verbindung mit der Spirale von Kupferblech, dem Wismuth gleich; dagegen [270] Eisen, Stahl, Arsenik und Tellur dem Antimon gleich; jene in Süden zwischen den Enden der Spirale liegend und von oben geschlossen, westliche, diese östliche Declinationen bewirkend.

Dem Kupfer gleich verhielten sich Zink, Blei, Zinn, Quecksilber, Silber, Gold, Platina, Palladium, Chrom, Messing. Keines derselben gab bei der Schliessung mit der Spirale eine wahrnehmbare Declination*).

10. Auch mehrere gediegene Metalle und Erze, welche *Hr. Weiss* mir aus dem Königlichen Mineralienkabinet mitzutheilen die Güte hatte, wurden untersucht. Jene Metalle verhielten sich wie die auf den Hütten gewonnenen, und von den Erzen zeigte sich nur ein kleiner Theil wirksam. Beider Verhalten wird weiter unten genauer angegeben werden. Hier will ich nur erwähnen, dass in der Verbindung mit der Kupferspirale, und bei der Schliessung mit der Hand dem Wismuth gleich wirkten Bleiglanz, Schwefelkies, Kupferkies, Arsenikkies, Kupfernickel, weisser Speiskobalt; und dem Antimon sich gleich verhielten, Kupferglas, Buntkupfererz und blättriger Magnetkies.

11. Bei allen diesen Versuchen war die Wirkung am stärksten, wenn die Metalle und Erze unmittelbar mit der Hand berührt wurden, sie waren schwächer wenn die Schliessung mit dünnen Zwischenkörpern geschah, (welche aber nicht zwischen der Spirale und dem zu untersuchenden Metall oder Erz liegen durften, wenn sie unmetallisch waren, sondern auf beiden), ja es fiel jede Wirkung auf die Magnetnadel weg, wenn die Enden der Spirale mit 2 Fuss langen Glas-, Holz- oder Metallstangen auf die Metallscheiben niedergedrückt wurden. Doch bald zeigte sich eine Bewegung der Magnetnadel, wenn die Hand an das untere Ende der Metallstangen, nahe dem Orte wo sie den Bogen berührten, gelegt wurde, und wenn sie dort einige Zeit verweilte. Nach diesen Erfahrungen musste sich der Gedanke aufdrängen, dass nur die Wärme, welche sich von der Hand dem einen Berührungspunkte der Metalle stärker mittheilt, die Ursache des Magnetismus in diesen zweigliedrigen [271] Ketten sein möchte.

---

*) Die selteneren dieser Metalle verdanke ich der Güte der Hrn. *Bergemann*, *Frick*, *Goedeking* und *Hermbstädt*.

Demnach war zu erwarten, dass ein höherer Grad der Temperatur als der, welcher den Metallen von der Hand mitgetheilt werden konnte, auch eine höhere magnetische Spannung bewirken müsse. Der folgende Versuch bestätigte dies.

12. Eine Wismuthscheibe wurde mit den beiden Enden einer Kupferspirale in Berührung gebracht, unter die geschlossene Kette eine kalte und auf dieselbe eine über einer Lampe erwärmte Kupferscheibe gelegt. Es erfolgte sogleich eine Declination, und dazu eine viel lebhaftere als bei den früheren Versuchen. Die Magnetnadel innerhalb der Spirale machte eine Bewegung von 50° bis 60° und blieb bei 17° stehen, übrigens war die Declination der in den vorigen Versuchen gleich, nämlich westlich bei der Fig. 1 angegebenen Lage des Apparates.

Wurde die warme Kupferscheibe unter den sich mit dem Kupferstreifen in Berührung befindenden Wismuth gelegt, so erfolgte, wenn alles Uebrige unverändert blieb, eine östliche Declination, welche eben so lebhaft war als vorhin die westliche.

13. Die Wismuthplatte selbst erwärmt, und unmittelbar auf das untere Ende der Spirale gelegt, erfolgte, wenn das obere Ende derselben den Wismuth berührte, gleichfalls eine östliche Declination. Das untere Ende der Spirale war hier das wärmere, da es mit der Wismuthscheibe beständig in Berührung blieb; das obere Ende dagegen, mit dem die Scheibe nur auf kurze Zeit in Berührung kam, war das kältere, und so musste hier wohl dieselbe Declination erfolgen, wie in dem letzten Versuch des vorhergehenden Paragraphs.

Wurden die beiden Enden der Spirale gleichzeitig und in gleicher Länge mit der heissen Wismuthscheibe in Berührung gebracht, so zeigte sich keine Declination der Magnetnadel.

14. Eine Scheibe von Antimon in der Spirale, bedeckt mit einer warmen Kupferscheibe, bewirkte gleichfalls eine stärkere Declination als vorher, der Richtung nach aber dieselbe, nämlich die entgegengesetzte von der, welche der Wismuth in gleicher Lage hervorbrachte. Die Abweichung der Magnetnadel betrug in der Fig. 1 angegebenen Lage der Spirale 9° bis 10° östlich.

[272] 15. Stäbe von Wismuth und von Antimon von 5 Zoll bis 2 Fuss Länge an dem einen Ende erwärmt und unmittelbar mit der Spirale oder einem einfachen Metallbogen verbunden, zeigen ein gleiches Verhalten wie die Metallscheiben.

Die Declination innerhalb des Bogens ist, wenn der Stab in Süden und der Bogen in Norden liegt, beim Wismuth östlich, wenn das warme Ende unten, und westlich, wenn das warme Ende oben steht. Beim Antimon ist die Declination im ersten Falle westlich und im letzteren östlich (s. Fig. 2 und 3, wo *A* Antimon, *B* Wismuth und *K* Kupfer bedeutet).

Die Declinationen der Magnetnadel oberhalb und unterhalb des geschlossenen Kreises sind immer denen innerhalb des Kreises entgegengesetzt.

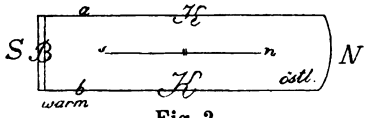


Fig. 2.

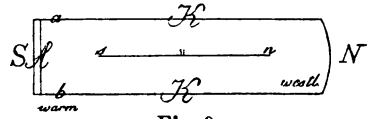


Fig. 3.

16. Wird eine Stange von Wismuth oder Antimon genau in der Mitte erwärmt, so findet bei Anlegung der Spiralenden an die Enden der Stangen keine Declination statt.

Werden beide Enden einer solchen Metallstange zugleich und gleich stark erwärmt, oder ist die ganze Stange gleichförmig erwärmt worden, so kann eine Declination erfolgen, und sie kann auch gänzlich fehlen. Der Erfolg hängt davon ab, ob die beiden Enden der Spirale freischwebend sind, wenn geschlossen wird, oder ob sie sich mit einem andern Körper in Berührung befinden, und mit welchem. Ist die Unterlage, auf welcher das eine Ende der Spirale liegt, ein schlechter Leiter der Wärme, wie z. B. Pappe oder Holz, so kann dies Ende, wenn es mit der warmen Stange in Berührung steht, sich leicht als das wärmere verhalten, und es wird dann eine Declination erfolgen. Ist aber die Unterlage ein besserer Leiter der Wärme, z. B. Metall oder Stein, so kann die Declination die entgegengesetzte sein, weil die Abkühlung der warmen Stange hier schneller erfolgt als am andern bloss den Metallbogen berührenden Ende.

Wird die an beiden Enden gleich warme Metallstange mit den beiden freischwebenden Enden der Spirale gleichzeitig verbunden, so erfolgt auch hier keine Abweichung der Magnetnadel.

17. Eben so verhielten sich bei gleichem Verfahren die übrigen § 8 und 9 angeführten Metalle, selbst die dort noch

als unwirksam [**273**] bezeichneten. Alle erlangten, zu zweien mit einander verbunden, bei erhöhter Temperatur eines der Berührungspunkte, eine magnetische Polarisation; bei gleicher Temperatur beider Berührungspunkte keine. Ja einige anscheinend homogene Metalle zeigten ein gleiches Verhalten.

18. Aus allen diesen Versuchen geht hervor, dass die erste und wichtigste Bedingung der Erscheinung des freien Magnetismus in diesen metallischen Kreisen Differenz der Temperatur an den beiden Berührungspunkten der Glieder ist.

Magnetismus wird entschieden auch dann noch erregt, wenn beide Berührungspunkte der Metalle oder Erze zugleich und gleich stark erwärmt werden; eine Wirkung auf die Magnetnadel kann aber hier nicht statt finden, weil durch dieses Verfahren eine doppelte und entgegengesetzte magnetische Polarisation in dem Kreise hervorgerufen wird, und weil diese dann überall von gleicher Stärke ist. Durch Erwärmung des oberen Berührungspunktes (Fig. 2) ist die Bedingung zur westlichen Declination und durch Erwärmung des unteren Berührungspunktes die zur östlichen Declination gesetzt; beide halten einander das Gleichgewicht, also muss die Nadel in Ruhe bleiben.

Auch durch die Berührung der Halbkreise für sich, ohne irgend eine Temperaturänderung muss Magnetismus erregt werden, er bleibt aber latent, weil die Action der beiden Metalle auf einander an beiden Punkten von gleicher Stärke ist und die dadurch erzeugten magnetischen Polarisationen entgegengesetzte Richtungen haben.

19. Künstliche Erkältung eines der beiden Berührungspunkte wird also eben so wohl wie Erwärmung durch Aufhebung des magnetischen Gleichgewichts eine magnetische Spannung in diesen zweigliedrigen metallischen Ketten hervorbringen müssen.

Eine 15 Zoll lange Wismuthstange, welche, in einer Glasröhre eingeschlossen, in einer Mischung von Eis und Salz abgekühlt worden war, während das andere Ende so ziemlich seine vorige Temperatur behielt, verhielt sich in der Verbindung mit der Kupferspirale ganz so, als wenn die Differenz der Temperatur beider Enden der Stange durch Erwärmung des einen derselben bewirkt worden wäre. Befand sich das kalte Ende oben, so war die Declination östlich (wie in Fig. 2), befand es sich unten, so war die Declination westlich.

Die Bewegung [274] der Nadel betrug 30° beim ersten Schliessen. Eine Stange von Antimon auf dieselbe Weise behandelt, gab, wenn das kalte Ende oben stand, eine westliche Declination (wie in Fig. 3), doch eine viel schwächere als der Wismuth*).

20. Die magnetische Spannung in diesen metallischen Ketten ist um so stärker, je grösser die Differenz der Temperatur an den beiden Berührungspunkten ist. Wenn jene Spannung auch nicht in allen Fällen bei der Erhöhung der Temperatur gleichförmig fortsteigt, und Metall-Legirungen manche Ausnahmen machen, wie man weiter unten finden wird, so scheint dies Gesetz doch für die meisten Metall-Combinationen und namentlich für die reineren Metalle gültig zu sein. Wie die Erwärmung geschieht, ist gleichgültig, ob über einer Lampe, oder auf einem heissen Bolzen, oder vermittelst eines Brennglases. Die bestimmte magnetische Polarisation einer Kette bleibt bei dem einen wie bei dem andern Verfahren immer dieselbe. Gleichgültig in Beziehung auf diese Polarisation ist es auch, ob nur eines der beiden Metalle an dem einen Ende erwärmt wird, und welches, oder ob beide zugleich erwärmt werden; doch ist bei gleichzeitiger Erwärmung beider Metalle an dem einen Berührungspunkte die magnetische Polarisation in der Regel stärker. Da bei diesen Versuchen darauf zu achten ist, dass der andere Berührungspunkt nicht zugleich mit erwärmt wird, so ist leicht einzusehen, dass man den

*) Später habe ich gemeinschaftlich mit Hrn. *H. Rose* einige Versuche in höheren Graden der Kälte angestellt. Ein Ring halb aus Antimon von $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke und halb aus einem dünnen $\frac{1}{4}$ Zoll breiten Kupferblech bestehend, wurde in eine Mischung von zwei Theilen Schnee und drei Theilen fein gepülverten salzsauren Kalk gestellt. Es erfolgte eine ruhende Declination der Magnetnadel innerhalb des Kreises von 8° östlich wenn Antimon im Süden und Kupfer im Norden stand, und die Temperatur der Kälte erregenden Mischung am unteren Berührungspunkte —38° R., und die des Zimmers —6° betrug. Ein viereckiger Rahmen von Wismuth und Antimon, welche durch Schmelzung mit einander verbunden waren, zeigte sich noch wirksamer. Die Declination der Magnetnadel innerhalb desselben, stieg bis 35° westlich und hielt sich fast eine halbe Stunde so, als Wismuth im Süden, Antimon im Norden stand, und die Temperatur am unteren Berührungspunkte der Metalle —43° R. und am oberen —6° R. betrug. Beide zweigliedrige Ketten waren also genau so polar geworden, als wenn ihre oberen Berührungspunkte erwärmt worden wären.

beiden Gliedern der Kette eine [275] im Verhältniss ihrer Wärmeleitungsfähigkeit angemessene Länge geben muss, und dass diese auch dann zunehmen muss, wenn eine grössere Hitze angewendet werden soll. Die Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle bestimmt auch die übrigen Dimensionen derselben. Die besseren Wärmeleiter müssen um so dünner sein, je kürzer sie sind; und je dicker die Metallstangen, desto länger müssen sie sein, wenn der höchste Grad der Wirkung erreicht werden soll. Eine Kette z. B., in welcher eine Antimonstange von 9 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke mit einem Kupferstreifen von 14 Zoll Länge, 4 Linien Breite und $\frac{1}{4}$ Linie Dicke verbunden ist, erreicht einen höheren Grad des Magnetismus bei Erhitzung des einen Berührungspunktes über einer Weingeistlampe, als verbunden mit einem 14 Zoll langen und $\frac{1}{2}$ Zoll dicken Kupferbügel, aus keinem andern Grunde, als weil am dünnen Kupferstreifen die der Flamme ausgesetzten Theile sich schneller erhitzen, die übrigen Theile sich schneller abkühlen als am dickeren Kupferstabe, die Differenz der Temperatur an den Berührungspunkten im ersten Apparate also immer grösser bleibt als im letzteren.

21. Vergrösserung der Oberfläche der sich berührenden Metalle scheint keine Verstärkung des Magnetismus zu bewirken. Wismuth- und Antimonscheiben von 6 Zoll ins Gevierte verbunden mit Kupferscheiben von gleicher Grösse, gaben keine stärkere Declination als Scheiben von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, bei gleich starker Erhitzung des sie verbindenden Kupferbogens.[3])

22. Wird ein Blatt Papier oder ein Goldschlägerhäutchen zwischen die beiden Metalle am kalten Berührungspunkte geschoben, z. B. zwischen Antimon und Kupfer in *a* Fig. 4, während der Berührungspunkt *b* mit einer Weingeistlampe erwärmt wird, so zeigt sich nicht eine Spur von Wirkung auf die Magnetnadel. Eine starke Bedeckung der Metalle mit Oxyd an den Berührungspunkten hebt gleichfalls die Wirkung auf; ein geringer Anflug von Oxyd schwächt sie nur. Auch flüssige Leiter verhalten sich hier isolirend.[4]) Befindet sich in *a* Fig. 4 ein mit Wasser benetztes Papierscheibchen, so bleibt die Magnetnadel vollkommen in Ruhe, wie sehr auch die Temperatur von *b*

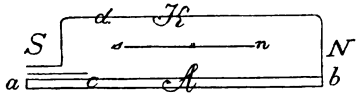


Fig. 4.

erhöht werde; es erfolgt aber sogleich eine Declination, wenn irgend ein drittes Metallstäbchen in *cd* angelegt wird. Sind die Papier- oder Pappscheiben in [276] *a* mit Säuren, oder kaustischen Kalien benetzt, so findet zwar eine Declination der Magnetnadel statt, weil die Kette nun als eine galvanische wirkt, doch wird jene, bei kleinen chemisch wirkenden Flächen, nur schwache Declination durch Erwärmung des Berührungspunktes *b* nicht im mindesten verändert, wie stark auch der Magnetismus jener Metalle bei unmittelbarer Berührung in *a*, oder bei Anlegung eines dritten Metallstreifens in *cd* sein mag.

Unmittelbare Berührung der Metalle ist also eine zweite wesentliche Bedingung zur magnetischen Polarisation derselben durch Temperatur-Differenz.

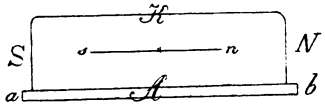


Fig. 5.

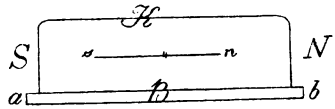


Fig. 6.

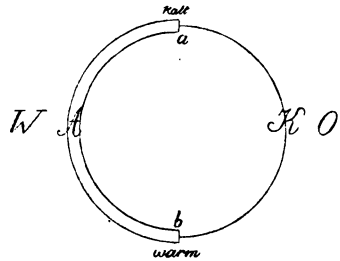


Fig. 7.

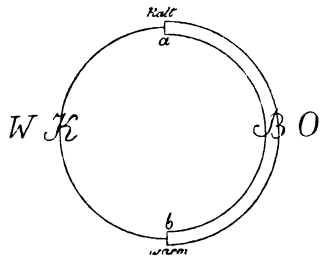


Fig. 8.

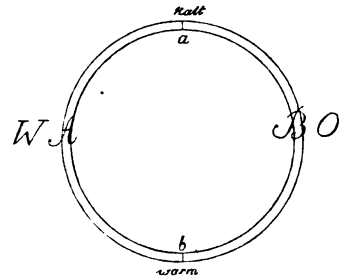


Fig. 9.

23. Je vollkommener die Verbindung der beiden Metalle ist, desto stärker ist ihr Magnetismus. Apparate, in denen Stäbe oder Halbkreise von Antimon und Wismuth durch Schmelzung mit Streifen von Kupferblech verbunden sind (Fig. 5, 6, 7, 8, 9), erreichen bei gleicher Erhöhung oder

Erniedrigung der Temperatur eine stärkere magnetische Polarität als solche, in denen sich die Metalle bloss äusserlich berühren.

24. Jene Apparate eignen sich auch vorzüglich, da sie gegen die oxydirende Einwirkung der Luft besser geschützt sind, die § 15 bis 20 angeführten Veränderungen in den magnetischen Polarisationen der Metalle, bei einseitiger oder beiderseitiger Erwärmung oder Erkältung der Berührungspunkte, — die Steigerung, Schwächung, Aufhebung und Umkehrung der Polarität zu zeigen.

Wird z. B. eine Lampe unter dem mit Kupfer verbundenen Antimon (Fig. 5) in *a* gestellt, so erfolgt eine östliche Declination des *n*Pols der Magnetnadel zwischen *AK*; steht die Lampe unter *b* so ist die Declination westlich. Werden zwei Lampen mit gleich grossen Flammen, und in gleichen Abständen von den Metallen, die eine unter *a*, die andere unter *b* gestellt, so bleibt die Magnetnadel im magnetischen Meridian stehen, weil dann die Temperatur in *a* und *b* gleichmässig erhöht wird; eine Declination der Nadel tritt aber sogleich ein, sobald die eine Flamme vergrössert oder verkleinert, oder von ihrem Orte gerückt wird. Erwärmt man die Antimonstange oder den Kupferstreifen [277] in der Mitte, so bemerkt man keine Declination, sie zeigt sich aber sogleich, wie man die Lampe nur ein wenig den Enden *a* oder *b* nähert, doch ist sie dann immer schwächer, als wenn die Erwärmung am Berührungspunkte der Metalle selbst geschieht; u. s. w.

Steht die Boussole unter *A* oder über *K*, so ist die Declination bei der Erwärmung von *a* westlich und bei der von *b* östlich; sie ist hier aber, bei gleichem Abstande der Magnetnadel von den Metallen, immer schwächer als zwischen *AK*.

25. Zur vollständigen Uebersicht der magnetischen Polarisation dieser Ketten nach ihrer Wirkung auf die Declinations- und Inclinationsnadeln diene Fig. 6, wo *B* Wismuth, *K* Kupfer bedeutet.

Declination zwischen *KB* bei Erwärmung von *a* westlich } stärker
- - *KB* - - - *b* östlich }
- über *K* } - - - *a* östlich } schwächer.
- unter *B* }
- über *K* } - - - *b* westlich }
- unter *B* }

Inclinationen einer horizontal und *B* parallel gestellten Magnetnadel.

An der Ostseite von *B* Erhebung des *n* Pols
- - - - *K* Senkung - - } bei Erwärmung
- - Westseite von *B* Senkung - - } von *a*.
- - - - *K* Erhebung - -

Entgegengesetzt sind die Inclinationen der Nadel bei der Erwärmung von *b*.

26. Diese durch Temperatur-Differenz magnetischen Kreise, gleichen demnach in ihrem Verhalten gegen die Magnetnadel vollkommen den galvanischen Ketten, es muss also auch die magnetische Thätigkeit in ihnen nach demselben Gesetze vertheilt sein (s. meine Abhandlung*) über den Magnetismus der galvanischen Ketten in den Denkschriften der Königl. Academie von 1820—1821, § 9 und § 23 a. E.).

Es ist also in den Rectangeln Fig. 5 und 6, und in den Ringen Fig. 7, 8, 9 ein die Metalle erfüllender und umgebender magnetischer Wirkungskreis um eine mitten durch die Metalle gehende Achse so gestellt, dass $+m$ und $-m$ kreisförmige, einander entgegengesetzte Richtungen in jeder auf der Ebene der Metallringe perpendikulär stehenden Durchschnittsebene haben, oder, anders ausgedrückt, jeder in einer solchen Durchschnittsebene vom Mittelpunkte der Metalle ausgehende Radius ist auf der einen Seite $+m$, auf der entgegengesetzten Seite $-m$, und dies in solcher Folge und Ordnung, dass jedem $+m$ des einen Radius ein $-m$ des zunächst folgenden zugekehrt ist. Die Achsen dieser einfachen magnetischen Atmosphären in den Ketten Fig. 7, 8, 9 sind also Kreise.[5])

[278] 27. Da nun alle einander diametral gegenüber stehenden Theile der magnetischen Atmosphäre eines solchen Metallringes in einander greifen, und da jedes ursprüngliche $+m$ und $-m$ in der inneren Hälfte des Ringes durch ein zweites $+m$ und $-m$, welches durch die Thätigkeit am diametral gegenüber liegenden Theile des Ringes gesetzt ist, wegen gleicher Richtung beider, eine Verstärkung erhält — jedes $+m$ und $-m$ der äusseren Hälfte des Ringes aber durch das zweite eingreifende $+m$ und $-m$, wegen entgegengesetzter Richtung beider, eine Schwächung erleidet; (s. die oben angeführte Abhandlung über den Magnetismus der galvanischen Kette § 13) so bekommt $+m$ und $-m$ in der inneren Hälfte des Ringes ein Uebergewicht über $+m$ und

*) Klassiker, Nr. 63. D. H.

$-m$ an der äusseren Hälfte, d. h. der ganze geschlossene Kreis erhält hierdurch magnetische Pole, und es wird hierdurch die eine Seite (Grundfläche) des Ringes nPol die andere sPol*).

*) Zur Erläuterung des oben gesagten füge ich noch Fig. 10 hinzu, wo A und B zwei einander diametral entgegenstehende Durchschnittsebenen des Ringes von Antimon und Wismuth vorstellen. — An allen Radien sind $+m$ und $-m$, innerhalb und ausserhalb der Metalle, auf die hier angegebene Art vertheilt. In der inneren Hälfte der Durchschnitte des Ringes, Ar, Br haben + und — gleiche Richtungen; das ursprüngliche + und — des Radius Ar erhält durch ein + und —, welches der äusseren Atmosphäre von B angehört, einen Zuwachs, und eben so wird das ursprüngliche + und — von B durch ein + und — von A her verstärkt. Der magnetische Wirkungskreis von B reicht aber über rA, und der von A über rB hinaus; jener wird also das ursprüngliche — und + von A bis r' dieser das ursprüngliche — und + von B bis r' schwächen, weil — und + an den Radien der äusseren Hälfte des Ringes Ar' und Br' eine entgegengesetzte Lage haben von dem + und — der in sie eingreifenden Atmosphären von B und A. Dasselbe gilt für alle Ar, Br, und Ar', Br' nahe liegenden Radien, woraus denn hervorgeht, dass $+m$ und $-m$ in der inneren Hälfte der Ringe ein Uebergewicht haben muss über $-m$ und $+m$ in der äusseren Hälfte. Da nun alle übrige auf der Ebene der Ringe perpendikulär stehende Durchschnittsebenen sich eben so verhalten, so erhält der Ring dadurch fest stehende Pole, wie sie die Pfeile in der Mitte von Fig. 10 andeuten.

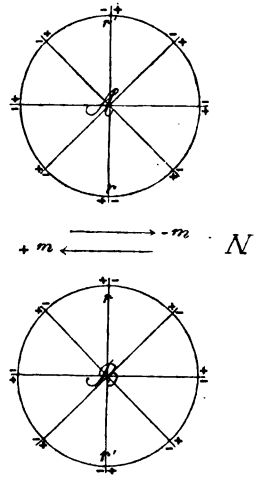


Fig. 10.

Die Stärke der ursprünglich magnetischen Spannung ist in allen von den Mittelpunkten A und B gleich weit abstehenden Punkten als gleich anzusehen. Da aber ein solcher Punkt nicht bloss mit dem in ihm selbst hervortretenden $\pm m$, sondern zugleich mit einem ihm von dem entgegengesetzten Theil der Atmosphäre mitgetheilten $\pm m$ oder $\mp m$ wirkt, so muss hierdurch wie leicht einzusehen, die Lage der Achse der magnetischen Atmosphäre im Innern der Metalle verändert, und etwas weiter nach dem äusseren Umkreis des Ringes zu gerückt erscheinen. (Vgl. hiermit die Resultate der Versuche § 28 der oben angeführten Abhandlung.) — Die Stärke der magnetischen Spannung innerhalb der Metalle

[279] Solche durch Temperatur-Differenz magnetische Metallringe werden sich also, schwebend aufgehangen, eben sowohl gegen die Erdpole richten können, wie jede Magnetnadel, und die durch die Action der galvanischen Ketten magnetisch gewordenen Drathringe *Ampère*'s.

28. Bei Erwärmung der Berührungspunkte *b* liegt in der Kette Fig. 5 der *n*Pol in Westen und in der Kette Fig. 6 in Osten.

Nähert man eine Magnetnadel diesen beiden Apparaten von den angegebenen Seiten her, so wird der *s*Pol derselben angezogen; an der Ostseite von Fig. 5 und der Westseite von Fig. 6 wird hingegen der *n*Pol der Nadel angezogen.

Boussolen im Innern dieser Ketten geben die Pole derselben noch einfacher an, da *s* und *n*Pol der Magnetnadel hier eine gleiche Richtung mit dem *s* und *n*Pol der Ketten anzunehmen streben. An der Seite wo der *n*Pol der Magnetnadel bei Schliessung der Kette hervortritt, liegt auch der *n*Pol vor dieser.

[280] Werden die Ketten Fig. 7, 8, 9 mit ihrem *n*Pol $(-m)$ nach Norden $(+M)$ gestellt, so findet man, wenn der warme Berührungspunkt unten liegt, Antimon in Westen, es mag mit Wismuth oder Kupfer verbunden sein; Kupfer dagegen in Westen, wenn es mit Wismuth verbunden ist*).

---

steht aber überall (d. h. in der ganzen inneren Masse) in geradem Verhältniss zu dem Abstande von der Achse der magnetischen Atmosphäre; ausserhalb der Metalle dagegen im umgekehrten Verhältniss zu dem Abstande von jener Achse; — die Stärke von $\pm m$ nimmt also vom Mittelpunkte jeder transversalen Durchschnittsebene an bis zur Oberfläche der Metalle, an allen Radien, in irgend einem, noch auszumittelnden Verhältnisse zu, und von der Oberfläche der Metalle an, in irgend einem Verhältnisse ab.

*) Hohle Cylinder von diesen Metallen sind den gewöhnlichen Magnetstäben noch ähnlicher und erreichen auch eine stärkere magnetische Polarität als jene Ringe, wenn sie an einem Berührungspunkte vermittelst eines heissen Bolzen von gehöriger Länge oder einer Reihe von Lampen erwärmt werden. Ein Cylinder von Antimon und Kupfer (Fig. 11) dessen Länge 8 Zoll, der Durchmesser im Lichten 4 Zoll, die Dicke des Antimons $\frac{1}{2}$ Zoll und die des Kupferblechs $\frac{3}{10}$ Linien betrug, bewirkte eine ruhende Declination der Magnetnadel von 75°, wenn die Boussole die Enden des Cylinders berührte, und es wurde in *n* Fig. 11 der *s*Pol der Nadel, in *s* der *n*Pol derselben angezogen. Das beträchtliche Gewicht dieses Apparates und die zu schnelle Mittheilung der Wärme an den andern Berührungspunkt erschweren die Stellung desselben

29. Alle Metalle werden so zu zweien mit einander verbunden, bei eintretender Temperatur-Differenz der Berührungspunkte, zu Magneten; einige schon bei niedriger Temperaturveränderung, wie die ersten oben erwähnten Versuche gelehrt haben, — andere erst nach einer starken Erhitzung oder Erkältung.[6])

Das magnetische Verhalten der reineren Metalle scheint fest und unveränderlich zu sein, und nur durch Zumischung anderer Metalle verändert zu werden, doch auch dies nicht in allen Fällen. Eine Kette in welcher Kupfer mit fliessendem Wismuth verbunden ist, erhält dieselbe magnetische Polarität, wie bei der Berührung mit der Hand, — nur stärker. Die ruhende Declination einer Magnetnadel *ns* in dem Apparate Fig. 12, wo Wismuth in einem kleinen kupfernen Kessel im Fluss erhalten wurde, betrug nach der Schliessung mit einer Wismuthstange, [281] welche an dem Kupferblechstreifen *K* befestigt war, 60° östlich. Bei der Erwärmung durch die Hand war sie 5° bis 6° östlich

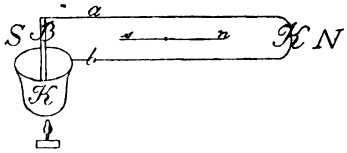


Fig. 12.

gegen die Pole der Erde, wenn er frei schwebend aufgehangen ist, doch kann man ihm dann durch starke Magnetstäbe leicht jede beliebige Richtung geben. Die Pfeile in Fig. 11 bezeichnen die Richtung von $+m$ und $-m$ in der magnetischen Atmosphäre des Cylinders, und die Nadel *sn* zeigt die Declination aussen in der

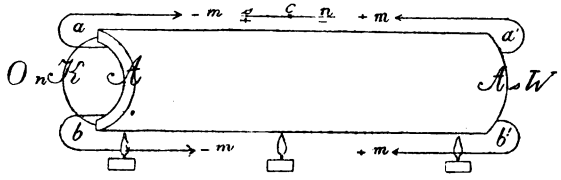


Fig. 11.

Mitte des Cylinders an. Aus diesem allen ist zu ersehen, dass der magnetische Cylinder den gewöhnlichen Magnetstäben in der äusseren Wirkung auf die Declinations-Boussole ganz gleich ist. (Vgl. hiermit § 23 und 25 nebst Fig. 21 und 24 der oben angeführten Abhandlung über den Magnetismus der galvanischen Ketten). Antimon und Kupfer waren in dem Apparate Fig. 11 durch Schmelzung mit einander verbunden.

gewesen. Der *n* Pol dieser Kette lag also gleichfalls in Osten, wie der von Fig. 6*).

Ein ähnliches Verhalten zeigten auch Bogen von Kupfer in der Verbindung mit fliessendem Zinn, Blei, Zink, Antimon, Messing und Silber; desgleichen Bogen von Blei mit fliessendem Zinn, oder umgekehrt Zinnbogen mit fliessendem Blei; auch Bogen von reinem Golde mit fliessendem Silber oder Kupfer verbunden.

In allen diesen Ketten blieb die magnetische Polarität unverändert dieselbe, welche sie in niedrigeren Graden der Temperatur gewesen war, und die Stärke derselben war jederzeit der angewandten Hitze und der dadurch bewirkten Temperatur-Differenz der Berührungspunkte proportional.[7]) Bei den strengflüssigeren der genannten Metalle wurde folgendes Verfahren angewendet.

Das im Tiegel geschmolzene Metall wurde entweder mit den Enden eines, aus den beiden zu untersuchenden Metallen zusammengesetzten Bügels in Berührung gebracht, oder es wurde das eine Ende eines einfachen Metallbogens früher und das andere später in das zweite fliessende Metall getaucht. Die Wirkung war in beiden Fällen dieselbe, und musste es sein, da bei dem letzten Verfahren die Temperatur an beiden Berührungspunkten des Bogens eben so wohl verschieden war als bei dem ersten Verfahren; daher denn auch die Declination, wenn das untere Ende *b* zuerst in das fliessende Metall getaucht wurde, immer die entgegengesetzte von der war, welche erfolgte, wenn das obere Ende *a* zuerst eingetaucht wurde. Die magnetische [**282**] Polarität war aber stärker bei dem ersten Verfahren als bei dem letzten und hielt sich auch länger in gleicher Stärke**).

---

*) Beiläufig bemerke ich, dass die Empfindlichkeit der Ketten von Wismuth und Kupfer für Temperatur-Unterschiede so gross ist, dass sie selbst geringe Veränderungen in der Wärme der Hände anzeigen. Man drücke zwei Stäbchen von Wismuth (ungefähr von 6 Zoll Länge und ¼ Zoll Dicke) mit den Händen an die beiden Enden einer Spirale von Kupferblech, nachdem man die eine Hand eine kurze Zeit geballt, die andere offen gehalten hat, und bringe dann die beiden äusseren Enden der Wismuthstäbe in Berührung, so wird die Magnetnadel innerhalb der Spirale sogleich durch eine deutliche Declination anzeigen, dass die Hand, welche geballt war, wärmer geworden ist.

**) Bei diesen Versuchen (welche im August 1821 angestellt wurden) kam nicht selten das eine Ende des Bogens, oder ein

Hier einige genauere Angaben von den Wirkungen solcher nach der ersten Methode construirten Ketten auf die Magnetnadel.

Fliessendes Wismuth mit Kupfer bewirkte bei der ersten Schliessung eine Bewegung der Nadel von 180°
und eine ruhende Declination von . . 60°
Fliessendes Zinn mit Kupfer bewirkte eine ruhende Declination von. . . . 12°
Fliessendes Zink mit Kupfer, bewirkte eine ruhende Declination von. . . . 25°
Fliessendes Silber mit Kupfer bewirkte eine Bewegung der Nadel von . . . 50°—60°
Fliessendes Messing mit Kupfer bewirkte eine Bewegung der Nadel von . . . 80°
Fliessendes Antimon mit Kupfer bewirkte eine Bewegung der Nadel von . . . 90°

30. Das Verfahren, dessen ich mich bei Untersuchung des magnetischen Verhaltens zweier Metalle gegen einander am häufigsten bediente, war folgendes. Die Erwärmung der sich in *b* (Fig. 2 und 3) berührenden Metalle wurde entweder durch eine heisse Scheibe von demselben Metall wie das zu untersuchende, an die Stelle von *B* und *A* Fig. 2 und 3 tretende war, bewirkt, oder, wo dies nicht geschehen konnte,

---

Theil desselben, in Fluss, welches indessen die magnetische Action nicht schwächte. — Noch bestimmter zeigten später angestellte Versuche, dass ein beträchtlicher Theil beider Metalle flüssig sein kann, und dass auch dann noch die magnetische Polarisation der Ketten bei steigender Temperatur zunimmt. — Quecksilber in einer Porzellanröhre von 18 Zoll Länge zwischen zwei an den Enden befestigten Stangen von Wismuth eingeschlossen und mit einem 5 Fuss langen Bügel von Wismuth verbunden, bewirkte, als ein beträchtlicher Theil des Wismuths in Fluss gekommen war, eine ruhende Declination der aussen auf dem Bügel stehenden Magnetnadel von 14°. In den ersten 5 Minuten stieg die Magnetnadel schnell, und bis 9°, nachher langsamer, so dass sie erst nach 55 Minuten auf 14° kam. — In einem andern, ähnlichen Apparate, wo Quecksilber sich zwischen zwei Antimonstangen befand, stieg die Declination der Magnetnadel bis auf 19°, als das Antimon in Fluss gekommen war. — Die Metallstangen werden bei diesen Versuchen an dem Ende, welches erwärmt werden soll, fest eingekittet, an dem andern Ende aber nur mit einer feuchten Blase umwunden, in welche mehrere feine Löcher gemacht werden, damit das bei der Erwärmung sich ausdehnende Quecksilber durch diese abfliessen kann.

da wurde eine heisse, stark oxydirte Kupferplatte angewendet, — und in [283] beiden Fällen wurde die heisse Scheibe unter das Ende des Metallbogens gelegt. Dies letzte Verfahren kann unbedenklich überall angewendet werden, aus welchem Metall auch der Bogen bestehe, — und bei Untersuchung einzelner kleiner Metallkörner ist es, wo nicht das einzige, doch das sicherste, dessen man sich bedienen kann; nur hat man immer darauf zu sehen, dass die heisse Kupferscheibe nie das zwischen den Enden des Bogens stehende Metall berühre.

Die sämmtlichen Resultate meiner bis zum 11. Februar 1822 angestellten Versuche über die magnetische Action der oben genannten, zu zweien mit einander verbundenen Metalle habe ich in Tabelle I zusammengestellt*).

In dieser Tabelle bezeichnet *W* die westliche und *O* die östliche Declination, und es ist angenommen, dass ein einfacher Metallbogen nebst dem mit ihm verbundenen zweiten Metall die in Fig. 2 und 3 angegebene, oder die umgekehrte Lage im magnetischen Meridian habe, — die Boussole innerhalb des Bogens stehe, und der warme Berührungspunkt sich immer unten befinde.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Metalle, — geordnet nach ihrer Wirkung auf die Declinationsnadel, also auch nach ihrer Lage gegen die in ihnen durch Temperatur-Differenz erzeugten magnetischen Pole, — eine besondere magnetische Reihe bilden, welche mit keiner der bekannten, aus andern Eigenschaften der Metalle abgeleiteten Reihe übereinstimmt.[5])

Die Ortsbestimmungen der Metalle in dieser Reihe gründen sich auf vielfach wiederholte Versuche, und können für die ersten Grade der Temperatur-Differenz als sicher und unveränderlich angesehen werden**), mit Ausnahme einiger einander nahe stehenden Metalle, wie z. B. des [284] Kobalts gegen Palladium, des Quecksilbers gegen Platina 2,

*) Eine ähnliche Tabelle, in welcher jedoch Gold 1, Platina 2, 3, 4, desgleichen Kupfer 1 und 3 fehlten, wurde der Academie schon am 18. October 1821 vorgelegt. Ich bemerke zugleich, dass das in den vorhergehenden Versuchen angewandte Kupfer zu der Sorte Nr. 2 gehörte, die mehrmals erwähnte Spirale gleichfalls.

**) Sie gelten aber auch für die meisten Metall-Combinationen bei sehr beträchtlichen Differenzen in der Temperatur der Berührungspunkte.

des Chroms gegen Zinn, ferner der Stellen von Kupfer 3, Platina 4 und Cadmium in Beziehung auf einander. Von den meisten dieser Metalle besass ich nur kleine Körner, es konnte daher ihr Verhalten gegen einander nicht auf die gewöhnliche Weise untersucht werden, und ich ordnete sie also vorläufig nach der grösseren oder geringeren Stärke ihrer Wirkung mit andern ihnen nahe stehenden Metallen, indem ich, — geleitet durch ein ähnliches Verhalten anderer genau bestimmten Glieder der Reihe, — denen, welche in der Verbindung mit mehreren in der Mitte der Reihe stehenden Metallen die stärkste Wirkung zeigten, eine Stelle näher nach den Enden der Reihe zu anwies. So wurde Kobalt über Palladium gesetzt, weil jenes in der Verbindung mit Kupfer 1 und Gold 1 stärker auf die Magnetnadel wirkte als dieses. Und wegen eines gleichen Verhaltens von Kupfer 3, Platina 4 und Cadmium gegen Silber und Zink, wurden jene drei Metalle in der angegebenen Ordnung unter Zink gestellt. — Später angestellte Versuche mit Streifen von Palladium und Cadmium bestätigten es, dass die dem Kobalt, so wie dem Kupfer 3 und Platina 4 in der Tabelle I angewiesenen Stellen ihnen auch nach ihrer magnetischen Polarisation in der unmittelbaren Verbindung mit den erstgenannten beiden Metallen zukommen.

31. Die vollständige magnetische Reihe aller in den Hütten oder Laboratorien hergestellten Metalle, welche ich bis jetzt zu untersuchen Gelegenheit hatte, ist folgende:

Oestlich.

1. **Wismuth** . . . . . *a*) wie er hier im Handel vorkommt, enthält etwas Eisen mit Schwefel verbunden,
   b) aus reinem Oxyd von Herrn *H. Rose* reducirt.
2. **Nickel**. . . . . *a*) eine der Academie gehörende Stange von Hrn. *Richter* verfertigt,
   b) mehrere Stangen und Körner von Hrn. *Frick* aus reinem Oxyd hergestellt. [285]
3. **Kobalt** . . . . . *a*) von Hrn. *Hermbstädt*, nach dessen Angabe nicht ganz frei von Eisen,

b) ein von Hrn. *Bergemann* reducirtes Korn,

c)* von Hrn. *Barruel*. Die letzteren beiden etwas stärker als das erstere mit Kupfer Nr. 1 wirkend.

4. **Palladium** . . . . . *a*) von Hrn. *Wollaston*,
   b)* von Hrn. *Barruel*.
5. **Platina** Nr. 1 . . reine *a*) mehrere Stücke von Hrn. *Bergemann*, *Frick*, *Jeannetty*, *Wollaston* gereinigt,
   b) ein Tiegel aus *Klaproth*'s Laboratorium.
6. **Uran** . . . . . ein von Hrn. *Bergemann* reducirtes Korn, in Farbe dem Kobalt nahe kommend, doch kein solches aber wohl etwas Eisen enthaltend.
7. **Kupfer** Nr. 0 * zwei zu verschiedenen Zeiten von Hrn. *Bergemann* aus reinem Oxyd mit schwarzem Fluss reducirte Körner.
8. **Mangan** *. . . . . *a*) reducirt von Hrn. *Poggendorff*,
   b) von Hrn. *Barruel*.
9. **Titan** * . . . . . aus Eisenschlacken von der Königshütte in Ober-Schlesien ausgeschieden von Hrn. *Karsten*.
10. **Messing** Nr. 1.
11. **Gold** Nr. 1 . . . . eine Stange von ungrischem Ducatengolde aus dem Königl. Haupt-Münz-Comptoir enthielt nach der Analyse von Hrn. *H. Rose* 90,00 Gold, 0,66 Silber und 0,34 Kupfer und Eisen. Auch zu einem Blechstreifen ausgewalzt, nahm es dieselbe Stelle in der Reihe ein.
12. **Kupfer** Nr. 1 . . *a*) hier im Handel vorkommend, enthält nach der Analyse von Hrn. *H. Rose* weder Silber, Eisen, Blei noch Schwefel,
   b)* geschmolzenes von Neustadt-Eberswalde
      α) welches die Hammergare hatte,

β) welches noch nicht hammergar war,
γ) welches über die Hammergare hinausgetrieben worden. [286]

13. **Messing** Nr. 2.
14. **Platina** Nr. 2 . . . ein kleines geschmiedetes Stück, unbekannten Ursprungs.
15. **Quecksilber** . . . . vom reinsten im Handel vorkommenden.
16. **Blei** . . . . . *a*) käufliches,
b) reines von Hrn. *Karsten*,
17. **Zinn** . . . . . *a*) englisches,
b) böhmisches.
18. **Platina** Nr. 3 . . eine Stange 1802 von *Jeanetty* erstanden.
19. **Chrom** . . . . . ein kleines von Hrn. *Bergemann* reducirtes Korn, von stahlgrauer Farbe.
20. **Molybdän** * . . . . von Hrn. *Barruel*.
21. **Kupfer** Nr. 2 . . . hier im Handel vorkommend, enthält nach der Analyse von Hrn. *H. Rose* gleichfalls weder Silber, Eisen, Blei noch Schwefel.
22. **Rhodium** . . . . . *a*) von Hrn. *Wollaston*,
*b**) von Hrn. *Barruel*.
23. **Iridium** * . . . . . von Hrn. *Barruel*.
24. **Gold** Nr. 2 . . . . *a*) durch Antimon gereinigtes aus der Fabrik der Herren *Hensel* und *Schumann*,
b)* aus dem Oxyd reducirt von Hrn. *Frick*.
25. **Silber** . . . . . *a*) Kapellen-Silber in Stangen, aus dem Königl. Haupt-Münz-Comptoir,
b) aus salzsaurem Silber reducirt von Hrn. *Hermbstädt*.
26. **Zink**. . . . . *a*) schlesisches, wie es in den Handel gebracht wird,
b)* gereinigtes von Hrn. *Bergemann*. Gab mit den meisten Metallen eine stärkere Wirkung als das erstere.

27. **Kupfer** Nr. 3 . . . Cämentkupfer, *a*) sowohl mit Eisen als *b*) mit Zink aus Kupfervitriol reducirt.
28. **Wolfram** * . . . . aus reinem Oxyd mit Kohle reducirt von Hrn. *Poggendorff*. [287]
29. **Platina** Nr. 4 . . *a*) der Deckel von dem oben angeführten Platinatiegel, *b*) ein Löffel, *c*) ein Spatel.
30. **Cadmium** . . . . . *a*) von Hrn. *Bergemann*. *b*)* von Hrn. *Strohmeyer*.
31. **Stahl** . . . . . mehrere Stücke englischen und deutschen Guss- und Cämentstahls.
32. **Eisen** . . . . . *a*) von den besten hier im Handel vorkommenden Stangen und Blechen. *b*)* chemisch reines Eisen von Hrn. *Berzelius*.
33. **Arsenik** . . . . . sublimirter, ganz reiner.
34. **Antimon** . . . . . *a*) wie er im Handel vorkommt, *b*)* reines, von Hrn. *Bergemann* und *c*)* von Hrn. *H. Rose*. Das letztere zeigte sich wirksamer als das käufliche.
35. **Tellur** . . . . . ein Korn, von Hrn. *Bergemann* aus dem Oxyd reducirt.

Westlich.

32. Jedes Metall dieser Reihe bewirkt, wenn es in die Fig. 2 und 3 angegebene Lage gebracht und in *b* erwärmt wird, mit jedem der in der Reihe über ihm stehenden (hier nun an die Stelle von *B* und *A* Fig. 2 und 3 tretenden) Metalle eine östliche Declination, und mit jedem der in der Reihe unter ihm stehenden eine westliche Declination der im Innern des Kreises stehenden Magnetnadel.

Werden zwei mit einander verbundene Metalle mit ihrem *n*Pol nach Norden gerichtet, so steht, wenn der warme Berührungspunkt sich unten befindet, das in dieser magnetischen Reihe höher stehende Metall in Osten, das in der Reihe tiefer stehende in Westen; und in dieser Beziehung wird also Wismuth das östlichste und Tellur (so wie nächst diesem Antimon) das westlichste Metall der magnetischen Reihe zu nennen sein.

33. In der Stärke der magnetischen Polarisation zeigen

die zweigliedrigen metallischen Ketten, bei gleicher Vollkommenheit der Verbindung und bei gleicher Temperatur-Differenz dennoch eine beträchtliche Verschiedenheit.

[288] Die stärkste magnetische Polarität erlangen Ketten von Wismuth mit Antimon. Auch manche andere an den entgegengesetzten Enden der magnetischen Reihe stehende Metalle erreichen, unter übrigens gleichen Bedingungen, eine starke Polarität, wie z. B. Zink in der Verbindung mit Wismuth; Nickel mit Antimon; Platina 1 mit Antimon u. s. w.

Vergleicht man die Wirkung eines der Mitte der Reihe nahe stehenden Metalls, z. B. die von Kupfer 2 mit den über und unter ihm stehenden Metallen, so findet man die magnetische Polarisation um so stärker, je näher das zweite mit diesem Kupfer verbundene Metall den Enden der magnetischen Reihe steht; um so schwächer hingegen, je näher jenes Metall dem Kupfer steht.

Schwach ist überhaupt die Wirkung der meisten einander in der Reihe nahe stehenden Metalle, z. B. die von Palladium mit Platina 1; von Blei mit Zinn; desgleichen die von Wismuth mit Nickel oder Kobalt; von Antimon mit Arsenik oder Tellur; ferner die von Silber mit Zink oder Kupfer 2.

Durch diese Thatsachen könnte man veranlasst werden zu glauben, dass unsere magnetische Reihe der Metalle, — obwohl grösstentheils nur hervorgegangen aus Bestimmungen der Lage dieser Körper gegen die magnetischen Pole der aus ihnen gebildeten zweigliedrigen Ketten, — zugleich eine magnetische Spannungsreihe sei, in welcher die Metalle sich nach der Stärke der magnetischen Spannung geordnet hätten, — und dass ein dem Gesetz *Volta's* für die elektrische Spannungsreihe der Metalle entsprechendes, ähnliches Gesetz auch für jene von ihr abweichende magnetische Reihe der Metalle gelte, dem zu Folge die magnetische Spannung der verbundenen äussersten beiden Glieder der Reihe gleich wäre der Summe der magnetischen Spannungen der mit ihnen und mit einander, der Reihe nach, verbundenen Zwischen-Glieder, — wenn alle übrige Bedingungen gleich gesetzt sind.

Die oben angeführten Thatsachen berechtigen jedoch noch keinesweges zur Aufstellung eines solchen Gesetzes, und es stehen sogar andere mit demselben in directem Widerspruch; denn es fehlt nicht an magnetischen Ketten, in denen zwei

einander nahe stehende Metalle eine starke und zwei weit von einander abstehende eine schwache [289] magnetische Polarität bei gleich grosser Temperatur-Differenz zeigen.[9]) — So z. B. ist die magnetische Polarität einer Kette von Tellur und Wismuth viel schwächer als die von Antimon und Wismuth. Tellur wirkt überhaupt mit mehreren Metallen schwächer als Antimon, mit denen es, jenem Gesetz zu Folge, stärker wirken sollte; mit Silber wirkt Tellur stärker als mit den meisten über dem Silber stehenden Metallen. Antimon mit Kupfer 2 verbunden, ja selbst Antimon mit Cadmium wirken stärker als Antimon mit Quecksilber; Arsenik mit Gold 1 wirkt schwächer als Arsenik mit Kupfer 2 oder mit Zink; Eisen wirkt mit den meisten Metallen schwach, namentlich mit Nickel oder Kobalt verbunden, — stärker mit Gold 1, Kupfer 1 oder Kupfer 2; Platina 1 wirkt lebhaft mit Wismuth oder Nickel, schwach mit Arsenik oder Eisen verbunden u. s. w.

34. Die magnetische Polarisation von Ketten, welche aus mehreren einzelnen Gliedern oder mehreren Gliederpaaren zusammengesetzt sind, wird eben sowohl durch die Ordnung der Metalle in der magnetischen Reihe bestimmt, als die der zweigliedrigen Ketten.

Sind drei Metalle mit einander verbunden, so verhalten sich immer zwei Berührungspunkte in polarisirender Action einander gleich, und dem dritten entgegengesetzt. Jene eine gleiche magnetische Polarität setzenden Berührungspunkte sind die der beiden äusseren Metalle mit dem in der Reihe zwischen ihnen stehenden, und der entgegengesetzt wirkende Berührungspunkt ist der der beiden äusseren Metalle der Reihe mit einander.

Wird z. B. der Berührungspunkt *c* (Fig. 13) allein erwärmt, so ist die Declination der Magnetnadel *ns* westlich. Der *n*Pol der Kette liegt also in Westen; werden aber die Berührungspunkte *a* und *b* erwärmt, so ist die Declination östlich, der *n*Pol der Kette liegt also in Osten. Dieses entspricht vollkommen der magnetischen Polarisation der beiden Metalle Wismuth und Antimon in den zweigliedrigen Ketten mit Kupfer. Denn jene Kette (Fig. 13) würde, wenn der Kupferstreifen mit dem Antimon bei *c* in unmittelbare Berührung gebracht und *a* erwärmt würde, gleichfalls eine östliche Declination bewirken, und eben so würde eine

östliche Declination erfolgen, wenn der Kupferstreifen bei *c* mit Wismuth in Berührung gebracht und *b* erwärmt würde.

[**290**] Bei gleichzeitiger Erwärmung von *a* und *b* in den dreigliedrigen Ketten *ABK* (Fig. 13) wird die magnetische

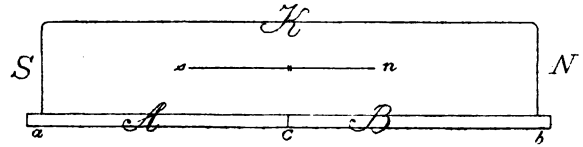


Fig. 13.

Polarität **stärker** als sie bei einfacher Erwärmung des Berührungspunktes *a* und *b* ist, welches, wie leicht einzusehen, eine nothwendige Folge von der vergrösserten Temperatur-Differenz zwischen den Berührungspunkten *c* und den beiden gleichwirkenden durch zwei Lampen erwärmten Punkten *a* und *b* ist.

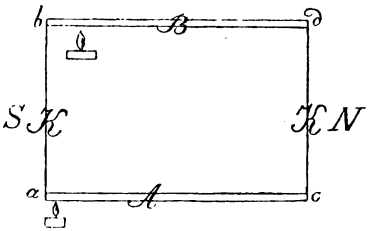


Fig. 14.

Viergliedrige metallische Ketten können entweder aus zwei gleichen Paaren verschiedener wechselsweise mit einander verbundenen Metalle bestehen (Fig. 15), oder aus drei Metallen, von welchen zwei von einander verschieden an beiden Enden mit zwei einander gleichen verbunden sind (Fig. 14), oder aus vier von einander verschiedenen Metallen (Fig. 16 und 17, wo *P* Platina und *S* Silber bedeutet).

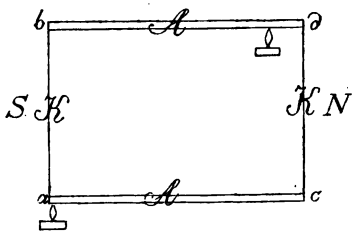


Fig. 15.

Die Kette Fig. 14 unterscheidet sich von der Fig. 13 nur darin, dass in *c* zwischen Antimon und Wismuth ein zweiter Kupferstreifen eingeschoben worden; die Wirkung bei der Erwärmung der Berührungspunkte *a* und *b* bleibt also auch dieselbe, der *n* Pol der Kette liegt dann (Fig. 14) gleichfalls in **Osten**; bei Erwärmung von *c* und *d* dagegen

in Westen, vorausgesetzt immer, dass die Lage der Apparate die hier angegebene bleibe.

In der Kette Fig. 15 müssen aber die in der Diagonale liegenden Berührungspunkte *a* und *d* erwärmt werden, wenn der *n*Pol derselben gegen Osten gerichtet sein soll. Bei Erwärmung von *b* und *c* befindet er sich in Westen. — Auch hier ist die magnetische Polarität stärker bei Erwärmung beider Erwärmungspunkte *a* und *d* als bei der eines einzelnen derselben; die magnetische Polarität ist aber dann nicht unter allen Umständen stärker als die von einer einfachen Kette derselben Metalle von gleichem Umfang des Kreises. Z. B. in einer Doppelkette, welche aus zwei Antimonstangen von 9 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke und aus zwei Streifen von Kupferblech von $3\frac{1}{2}$ Zoll Länge, $\frac{1}{2}$ Zoll Breite und 0,2 Linien Dicke zusammengesetzt war, betrug die ruhende Declination der Magnetnadel 10°, als der Berührungspunkt *a* (Fig. 15) allein erwärmt wurde. Die Declination der Nadel stieg auf 20°, als, nach erfolgter Abkühlung des Apparates, beide Berührungspunkte *a* und *d* zugleich durch zwei Weingeist-Lampen erwärmt wurden. — Eine einfache zweigliedrige Kette aus einer Antimonstange von 9 Zoll Länge, [291] $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke und einem Kupferstreifen von 16 Zoll Länge, $\frac{1}{2}$ Zoll Breite und 0,2 Linien Dicke bewirkte aber bei der Erwärmung mit einer einzigen der vorher angewandten Lampen eine noch stärkere ruhende Declination, nämlich von $21\frac{1}{2}$°.

Ein anderer ähnlicher Versuch mit drei Paar Antimon- und Wismuthstäben von 6 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke, welche mit einem Kupferstreifen von 41 Zoll Länge verbunden waren, gab ein gleiches Resultat. Die Declination der Magnetnadel innerhalb dieser Kette, an welcher ein Berührungspunkt um den andern erwärmt war, betrug 40°. Eben so stark war die Declination der Magnetnadel innerhalb des Kreises eines mit dem vorigen Kupferstreifen verbundenen einfachen Paares jener Antimon- und Wismuthstäbe, wenn die Dauer der Erwärmung des einfachen Berührungspunktes *c* (Fig. 13) der von jenen drei Berührungspunkten gleich war.

Aus diesen Versuchen ergiebt sich, dass die durch Vergrösserung der Temperatur-Differenz in den vielgliedrigen metallischen Ketten zu gewinnende Verstärkung des Magnetismus durch Vermehrung der Länge der schlechteren Wärmeleiter eine Verminderung erleidet, woraus folgt, dass die Stärke

der magnetischen Polarisation dieser Ketten überhaupt im umgekehrten Verhältniss zu der Länge der Leiter steht.[10] Dies bestätigten auch Versuche mit Spiralen von verschiedenen Längen, deren verstärkende Wirkung verhältnissmässig und in Vergleichung mit den einfachen Bügeln um so schwächer gefunden wurde, je länger die Spiralen waren. — Es wird also auch die Verstärkung des Magnetismus in den vielgliedrigen metallischen Ketten sehr bald ihre Grenze finden, welches Verhältniss man auch den einzelnen Theilen derselben gebe, und es werden also unsere einfachen zweigliedrigen Ketten, die aus mehreren ihnen gleichen Gliederpaaren zusammengesetzten, in der Stärke der magnetischen Polarisation, unter übrigens gleichen Bedingungen, eben so übertreffen müssen, wie die einfachen galvanischen Ketten die voltaischen Säulen*). (Vergl. § 14 der Abhandlung über den [292] Magnetismus der galvanischen Ketten in den Denkschriften der Academie von 1820—1821.)

In den Ketten, wo vier verschiedene Metalle mit einander verbunden sind, ist der Erfolg verschieden nach der Lage der beiden mittleren Metalle der magnetischen Reihe gegen die beiden äusseren. Es können hier zwei der einander gegenüber liegenden Berührungspunkte eine gleiche magnetische Polarität setzen, es können aber auch drei neben einander liegende Berührungspunkte eine gleiche Polarität bei der Erwärmung oder Erkältung bewirken. Z. B. in der Kette Fig. 16 befindet sich der *n*Pol derselben in Osten, wenn *a* und *b* erwärmt werden; in Westen hingegen, wenn *c* und *d* erwärmt werden. In der Kette Fig. 17 ist aber der *n*Pol nicht nur bei der Erwärmung von *a* und *b*, sondern auch bei der von *d* nach Osten gerichtet, und nur bei der Erwärmung von *c* nach Westen.

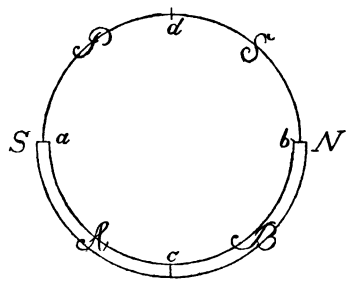


Fig. 16.

*) Diese Beobachtungen wurden der Academie im August und October 1821 vorgelegt. In wie weit sie durch später angestellte Versuche bestätigt worden, wird man aus einer der folgenden Abhandlungen ersehen.

Diese Polarisationen entsprechen sämmtlich dem § 32 aufgestellten Gesetz; es steht in diesen Ketten jedesmal das in der magnetischen Reihe höher stehende Metall in Osten, das tiefer stehende in Westen, wenn der *n* Pol derselben nach Norden gerichtet ist, und der warme Berührungspunkt unten liegt. Ein gleiches Verhalten zeigen alle vielgliedrgen Ketten, wie sie auch zusammengesetzt sein mögen; alle bestätigen also die § 31 aufgestellte magnetische Metallreihe für die ersten Grade der Temperatur-Differenz.

Noch ist zu bemerken, dass die magnetische Polarisation der Ketten Fig. 16 und 17 bei alleiniger Erwärmung des Berührungspunktes *c* unverändert dieselbe bleibt, es mögen die Enden der Wismuth- oder Antimonstäbe *a* und *b* sich unmittelbar berühren, oder es mögen sich hier andere Metalle, in beliebiger Zahl und Ordnung, zwischen ihnen befinden; nur in der Stärke der Polarität zeigt sich eine Verschiedenheit.

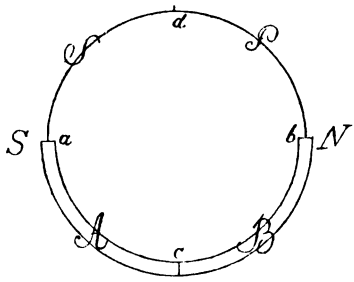


Fig. 17.

35. Die gänzliche Abweichung der magnetischen Reihe der Metalle von der elektrischen Spannungsreihe derselben wird als ein neuer und wichtiger Einwurf gegen die Hypothese von der Identität der Elektricität und des Magnetismus und besonders gegen die seit *Oersted*'s Entdeckung aufgestellten elektromagnetischen Theorien, welche aus der Circulation der an den Berührungspunkten zweier Metalle mit einander [293] erregten Elektricität den Magnetismus derselben ableiten, angesehen werden müssen.

Obwohl die Angaben der Naturforscher, welche sich mit Untersuchungen über die elektrische Reihe der Metalle beschäftigt haben, in manchen Stücken von einander abweichen (theils eine Folge der Verschiedenheit der untersuchten Körper, theils aber auch der angewandten verschiedenen Methoden), so ist doch die Zahl der Metalle, über deren Stelle in der elektrischen Reihe kein Streit obwaltet, nicht unbeträchtlich, und eben solche sind es, welche in ihrem magnetischen Verhalten bei eingetretener Temperatur-Differenz die grösste Abweichung zeigen; z. B. Gold und Silber, welche als die

negativsten, und Zink, welches als das positivste der Metalle von allen Beobachtern anerkannt werden, ferner Platina und Quecksilber, welche als die negativsten nächst den erst genannten beiden; und Blei und Zinn, welche als die positivsten nächst dem Zink angegeben werden; deren Ordnung in der magnetischen Reihe so gänzlich von der elektrischen Spannungsreihe derselben abweicht, wie die der Endglieder unserer magnetischen Reihe, des Wismuths und Antimons, denen von allen Beobachtern eine mittlere Stelle in der elektrischen Reihe angewiesen wird.

In jeder elektromagnetischen Theorie wird man davon ausgehen müssen, dass ein festes Verhältniss zwischen der elektrischen und magnetischen Polarisation bestehe, und dieses wird überall demjenigen gleich sein müssen, welches wir am Auslader der Leidner-Flasche finden, d. h. es wird, wenn der *n*Pol desselben gegen *N* gewendet ist, und der Bogen oben steht, $+E$ von Westen durch den Zenith nach Osten gerichtet sein müssen. Soll nun die im Contact der Metalle sich entbindende Elektricität die Ursache der magnetischen Polarisation unserer zweigliedrigen Ketten sein, so muss die Differenz der Temperatur eine Aufhebung der Gleichheit der Elektricitätserregung, welche vorher an diesen Punkten bestand, bewirken, und es wird die Trennung der Elektricitäten an einem der beiden Berührungspunkte das Uebergewicht über die am andern haben müssen, es wird also an einem derselben die Quantität der frei werdenden und jener Hypothese zu Folge in Circulation gesetzten Elektricitäten grösser sein müssen als am andern Berührungspunkte.

[294] Nun finden wir in einigen unserer zweigliedrigen metallischen Kreise, das $-E$ Metall der elektrischen Reihe *Volta*'s in Westen, das $+E$ Metall in Osten; in andern das $+E$ Metall in Westen das $-E$ Metall in Osten, wenn der Nordpol derselben gegen Norden gerichtet ist, und der warme Berührungspunkt sich unten befindet.

Es theilen sich also jene zweigliedrigen metallischen Ketten in elektrischer Beziehung in zwei Arten, welche sich darin von einander unterscheiden, dass in der ersteren $+E$ und $-E$ am kalten Berührungspunkte die zur magnetischen Polarisation geforderten Richtungen haben, und dass in der zweiten Art von Ketten $+E$ und $-E$ am kalten Berührungspunkte die entgegengesetzte Richtung von der geforderten haben.

In der ersten Art von Ketten, d. h. in denen, in welchen das sogenannte $-E$ Metall (dasjenige welches im Contact mit dem andern $-E$ wird) unter den angegebenen Bedingungen in Westen liegt, wird also die Elektricität am kalten Berührungspunkte als die überwiegende, die den Magnetismus erzeugende angesehen werden können, und es wird also die Wärme in dieser Art von Ketten die ursprüngliche Elektricitätserregung schwächen oder umkehren müssen.

In der zweiten Art von zweigliedrigen Ketten, wo das $+E$ Metall in Westen liegt, würde dagegen Wärme eine Verstärkung der ursprünglichen elektrischen Polarisation bewirken müssen, und es würde der wärmere Berührungspunkt als der die magnetische Polarisation hervorbringende anzusehen sein.

Einige vergleichende Versuche, welche ich über das elektrische Verhalten einiger der wichtigeren Metalle anstellte, bestätigen jene Annahme keinesweges; sondern es ergab sich vielmehr aus denselben, dass die elektrischen Polarisationen zweier Metalle aus jenen beiden Arten von Ketten immer dieselben bleiben, die Metalle mögen sich in gewönlicher Temperatur von 12° bis 14° R. befinden, oder es mögen beide gleichmässig in der Temperatur bedeutend erhöht sein.

Scheiben von denselben Metallen, deren ich mich zu den magnetischen Versuchen bedient hatte, ordneten sich nach der Berührung und Trennung in gewöhnlicher Temperatur folgendermaassen:

[295] $+E$ Zink, Blei, Zinn, Antimon, Wismuth, Eisen, Kupfer Nr. 2, Platina Nr. 1, Silber $-E$*).

Auf gleiche Weise ordneten sich jene Metallscheiben, als die beiden, welche mit einander in Berührung gebracht wurden, vorher stark erwärmt worden waren.

So fand ich

$+E$		$-E$
Zink	mit	Wismuth
Zink	-	Antimon
Zink	-	Silber

*) Bei diesen Versuchen wurde bemerkt, dass Blei mit rauher Oberfläche $-E$ wird gegen Zinn mit polirter Fläche, dass aber Blei mit polirter Fläche gegen das vorige Zinn $+E$ wird.

$+E$		$-E$
Blei	-	Silber
Antimon	-	Kupfer 2.
Wismuth	-	Kupfer 2.
Antimon	-	Silber
Wismuth	-	Silber.

In dem ersten, dritten, fünften und siebenten dieser Metallpaare hätte, der oben aufgestellten Hypothese zu Folge, Wärme eine Verstärkung und im zweiten, vierten, sechsten und achten Paare eine Schwächung der elektrischen Polarisation bewirken sollen. Dies geschah nicht.

Eine geringe Verschiedenheit der elektrischen Spannung zwischen erwärmten und kalten Metallen wurde zwar einigemal bemerkt, doch keine die constant gewesen wäre, und den zu machenden Forderungen entsprochen hätte*).

---

*) Später unternommene umfassendere Untersuchungen über die elektrische Polarisation der Metalle nach der Erwärmung bestätigten die eben angeführten Thatsachen, es wurden aber zugleich noch andere entdeckt, welche der Lehre von der Identität der Elektricität und des Magnetismus eben so wenig günstig sind als jene. Eine ausführliche Nachricht von diesen Untersuchungen wird in dem folgenden Bande der Denkschriften der Königlichen Academie erscheinen, woraus ich hier nur folgendes anführen will. Es hat sich aus einer beträchtlichen Zahl von Versuchen ergeben, dass jedes Metall, wenn es bis zu einem bestimmten Grade erhitzt worden, $-E$ wird in der Berührung mit einem zweiten Metall, welches kalt ist, und dass dieses dann immer $+E$ wird, es mag nun in der auf gewöhnliche Weise ausgemittelten elektrischen Spannungsreihe über oder unter dem ersteren stehen. Dies gilt nicht bloss von Metallen, die in dieser elektrischen Spannungsreihe einander nahe stehen, sondern auch von denen, die weit von einander abstehen, wie z. B. Zink mit Kupfer.

Auf die magnetische Polarisation zweier Metalle hat es aber keinen Einfluss ob das an einem Ende allein erwärmte Metall mit dem andern dasselbe berührenden kalten Metall $+E$ oder $-E$ wird; die magnetische Polarisation der geschlossenen Kette bleibt nach der Umkehrung der elektrischen Polarisation dieselbe, welche sie vor derselben war; auch ist es ganz gleichgültig; ob die beiden bei diesem Versuche mit einander verbundenen Metalle zu den Ketten der ersten oder der zweiten Art gehören.

Dass es jedoch auch Fälle giebt, wo in zweigliedrigen Ketten bei starker Erhitzung einzelner Metalle und Metalllegirungen Umkehrungen der magnetischen Polarisation erfolgen, davon werden weiter unten mehrere Beispiele vorkommen, diese Erscheinungen treten aber nur an einigen Metallen und hier auch erst in höheren

[296] Wie nun aus diesen Versuchen unverzüglich die Unabhängigkeit der magnetischen Polarisationen jener zweigliedrigen Ketten von der Richtung der freien Elektricitäten in den verschiedenen Temperaturzuständen der Metalle hervorgeht, so zeigen andere Thatsachen noch entschiedener als die vorhergehenden, dass zwischen der Stärke der magnetischen und elektrischen Polarisation kein festes Verhältniss besteht.

Denn

die magnetische Polarität ist stark	
in Kreisen deren elektrische Spannung	
stark ist,	schwach ist,
Wismuth mit Zink	Kupfer 2 mit Wismuth
	Antimon - Wismuth

Die magnetische Polarität ist schwach	
in Kreisen deren elektrische Spannung	
stark ist,	schwach ist,
Kupfer 2 mit Zink	Silber mit Kupfer 2
Kupfer 2 - Blei	Zinn - Blei.

Es ergiebt sich aus allen diesen Erfahrungen, dass die magnetische Polarisation jener Ketten nicht aus der an einem der [297] Berührungspunkte sich trennenden, frei werdenden, und den Elektrometern mittheilbaren grösseren Quantität der Elektricitäten allein abgeleitet werden könne, und man also auch so lange nicht berechtigt sei, diese Ketten elektromagnetische zu nennen, als bis etwa eine andere Quelle der Elektricitätserregung als die an den Berührungspunkten der Metalle vorhandene, oder eine durch den Contact der Metalle zwar erregte, aber vielleicht (nach *Volta*'s Vorstellung) nicht genugsam cohibirte, und von der freien sich am Elektrometer auf unzweideutige Weise offenbarenden Elektricität, unabhängige, zuweilen dieser gleich, zuweilen ihr entgegengesetzt circulirende Elektricität nachgewiesen worden u. s. w., kurz bis die oben angeführten, mit jenen elektromagnetischen Theorien in Widerspruch stehenden Thatsachen befriedigend aufgeklärt sind.[11])

36. Dass die Weingeistflamme, welche gewöhnlich zur

Temperaturgraden ein, als bei den vorhergehenden Versuchen statt fanden, — in denselben und in niedrigern Temperaturgraden aber nur bei einigen der leichtflüssigen Metalllegirungen.

Erwärmung der Metalle angewendet wurde, nicht als das die thätige Elektricität in unsern magnetischen Ketten erregende Glied angesehen werden könne, ergiebt sich schon aus den ersten Versuchen und auch aus den § 19 und 20 angeführten Thatsachen, welche keinen Zweifel übrig lassen, dass es bei diesen magnetischen Erscheinungen wohl auf die Temperatur-Differenz, nicht aber auf die Art, wie sie zu Stande gebracht wird, ankommt*).

In Beziehung auf *Morichini*'s Erfahrung, über das Vermögen des blauen und violetten Lichtes, Magnetismus in Stahlnadeln zu erregen, wurden auch einige Versuche mit jenen zweigliedrigen Ketten im farbigen Lichte angestellt. Die Resultate waren folgende.

Fiel das Sonnenlicht durch eine tief gelbroth gefärbte 4 Zoll im Durchmesser haltende, im Laden der dunkeln Kammer befestigte, geschliffene Glasscheibe, und durch ein, nahe hinter derselben aufgestelltes, vierzölliges Brennglas, so wurde die in den Focus dieser Linse gebrachte Wismuthstange zwar langsam erwärmt, doch bewirkte sie mit [298] einem Kupferstreifen verbunden, ganz dieselbe Declination der Magnetnadel, und dem Anschein nach auch weder schwächer noch stärker, als sie auf jede andere Weise erwärmt, bei gleichem Temperaturgrade gethan haben würde.[12]) Ein gleiches unverändertes Verhalten zeigte auch Antimon nach der Erwärmung im rothen Lichte, sowohl in der Verbindung mit Kupfer als mit Wismuth. — Fiel das Sonnenlicht durch dunkelblaues Glas auf die Linse, so erfolgte eine noch langsamere Erwärmung der Wismuth- oder Antimonstäbe als vorhin, und in demselben Grade war ihre Wirkung in der Verbindung mit Kupfer oder mit einander auch schwächer als beim vorigen Versuche. Die stärkste und schnellste Wirkung zeigte sich, wenn die Metallstäbe im reinen Sonnenlichte vermittelst der Linse erwärmt wurden, — wie zu erwarten war.

---

*) Auch von der Gegenwart der Luft scheint die Erregung des Thermomagnetismus unabhängig zu sein. Denn in einem neulich angestellten Versuche fand ich die Declination der Magnetnadel in einer Kette von Kupfer und Wismuth, unter der Glocke einer Luftpumpe, bei einem Barometerstande von höchstens $4\frac{1}{2}$ Linien, der Richtung und Grösse nach derjenigen Declination ganz gleich, welche nach zugelassener Luft bei der vorigen Temperatur-Differenz statt fand.

37. Die Ordnung verschiedener gediegenen Metalle in der magnetischen Reihe giebt folgende Tabelle an.

Künstlich hergestellte Metalle	Gediegene Metalle	
Wismuth	Wismuth von Schneeberg mehrere Stufen.	
Nickel		Meteoreisen aus Sibirien - Zacatecas in Mexico - Elnbogen - Agram - Tucuman - Plann b. Tabor (angeblich) - Gouv. Minsk - Eibenstock - New-Orleans * - Tocavita bei Bogota *
[299]		
Platina Nr. 1	Platina *A*, von Cerro di Frio in Brasilien, mehrere Körner.	
Gold Nr. 1		
Zinn		
	Gold *A*, *a*) messingfarbiges aus Siebenbürgen, *b*) von Peru, *c*) von Catharinenburg,	Fossiles gediegen Eisen von Gross Kamsdorf a. *Klaproth*'s Sammlung.
	Silber *A*, grösstentheils von Kongsberg, auch von Wittichin im Fürstenberg u. s. w. zusammen 10 Stufen.	
Kupfer Nr. 2		
Gold Nr. 2	Gold *B*, *a*) mehrere dodekaedrische Krystalle, *b*) aus Brasilien mehrere Stücke, worunter ein 4 Mark schweres Korn,	

Künstlich hergestellte Metalle	Gediegene Metalle	
Gold Nr. 2	*c*) aus der Bucharei, *d*) von Gora Blagodat an der Ostseite des Ural.*	
Silber	Silber *B*, vier Stücke, worunter *a*) ein haarförmiges, *b*) ein 5½ Mark schweres Stück mit Hornerz aus Peru, u. s. w.	
Kupfer Nr. 3	Kupfer, grösstentheils aus Sibirien, doch auch aus Cornwall und Sachsen	
[300]	u. s. w. zwölf Stück.	
Platina Nr. 4	Platina *B*, *a*) das grosse 4 Loth schwere Korn, welches Hr. *A. von Humboldt* dem Kgl. Mineralienkabinet geschenkt hat.	
	b) alles grössere Platinageschiebe von Santa Fé u. Choco.	Gediegen Eisen von New Jersey.
Cadmium*		
Stahl		Aachner gediegen Eisen.
Stabeisen		Meteoreisen von der Collina di Brianza bei Villa in Mailand.
		Unechtes gediegen Eisen von Gross Kamsdorf.
		Gediegen Eisen aus der Grafschaft Sayn - Altenkirchen.
Arsenik	Arsenik (Scherbenkobalt)	
Antimon	Antimon, mehrere Stücke von Allmont.	
Tellur	Gediegen Tellur, mehrere Stücke.	

[301] Die in der ersten Spalte genannten Metalle sind dieselben, welche die § 31 angeführte magnetische Reihe bilden, und welche auch hier, in Form von einfachen Bogen, zur Bestimmung des Verhaltens der gediegenen Metalle angewendet wurden.

Den grössten Theil der gediegenen Metalle finden wir an denselben Stellen, welche die gleichnamigen künstlich hergestellten Metalle einnehmen, mit Ausnahme von Gold *A*, Silber *A* und den meisten gediegenen Eisenstufen.

Die gediegene Platina *A* aus Brasilien steht in der magnetischen Reihe an derselben Stelle mit der chemisch reinen Platina Nr. 1. Es befindet sich aber auch jene gediegene Platina nach *Wollaston*'s Untersuchungen (*Philos. Trans.* 1809) im Zustande von beinahe völliger Reinheit.

Die unserer Platina Nr. 4 sich gleich verhaltende gediegene Platina *B*, ist die aus Neu Granada und Peru zu uns kommende, welche bekanntlich noch mehrere andere Metalle enthält. Dies scheint anzudeuten, dass die § 31 unter Platina Nr. 4 angeführten Geräthe nur aus roher peruanischer Platina verfertigt worden, und dass auch die in den Tabellen mit Nr. 2 und 3 bezeichneten Platinsorten nicht völlig von den übrigen ihnen im natürlichen Zustande beigemischten Metallen befreit worden, und dass jene beiden Sorten dadurch eine tiefere Stelle in der Reihe erhalten haben*).

---

*) Aus später angestellten Versuchen hat sich ergeben, dass rohe Platina mit Arsenik zusammengeschmolzen, bei einem Gehalt von ungefähr 9½ Procent Arsenikmetall, eine noch tiefere Stelle in der magnetischen Reihe einnimmt, als Platina Nr. 4. Da man sich nun häufig des Arseniks zur Reinigung und weiteren Bearbeitung der Platina bedient hat, so könnte es sein, dass zu dem § 31 angeführten Tiegeldeckel eben so wohl gereinigte Platina angewendet worden, als zu dem Tiegel selbst, dass aber der Arsenik von jenem nicht vollständig abgetrieben worden. Das äussere Ansehen jenes Deckels, welcher nebst dem Tiegel im Feuer gewesen, scheint dies zu bestätigen. Der Tiegel ist unverändert geblieben, der Deckel aber ist blasig geworden, und hat ganz das Ansehen der Platinakörner unmittelbar nach dem Abtreiben des Arseniks.

Die thermomagnetische Action der Metalle giebt also ein leichtes Mittel an die Hand, die Platina, welche gegenwärtig für die reinste gehalten wird, von der, welche noch die den Platinaerzen beigemischten Metalle oder Arsenik enthält, zu unterscheiden; doch, wohl zu merken, nur so lange als eine mässige Wärme angewendet wird; — denn in höheren Temperaturgraden ändert sich

[302] Gediegen Gold *B*. Die dodekaëdrisch krystallisirten Körner, nebst den übrigen sich ihnen gleich verhaltenden Goldstufen sind für reines Gold zu halten, da sie mit dem chemisch reinen Golde Nr. 2 ein gleiche Stelle in der Reihe einnehmen. Die Reinheit eines der Körner vom gediegenen Golde aus Brasilien ist auch durch chemische Analyse bestätigt worden.

Als reines Silber können die vier Stufen gediegenen Silbers *B* angesehen werden, da sie sich dem reinsten künstlich dargestellten Silber gleich verhalten.

Die mit Silber *A* bezeichneten Stufen enthalten wahrscheinlich fremdartige Beimischungen, und eben so auch die mit Gold *A* unter den gediegenen Metallen angeführten Stücke. In einem messingfarbigen Golde von Eula in Böhmen hat *Lampadius* auf 96,9 Gold, 2,0 Silber und 1,1 Eisen gefunden (s. dessen Handbuch der chemischen Analyse S. 252). Sollte vielleicht der Eisengehalt diesen beiden gediegenen Goldstufen *A* die höhere Stelle in der magnetischen Reihe geben? Es wird dies um so wahrscheinlicher, da auch unser Gold Nr. 1 (dem jene in ihrem Verhalten nahe kommen), nach der Analyse von Herrn *H. Rose* eisenhaltig ist, und da Goldstücke, welche bloss Silber oder Kupfer enthalten, diese Stelle in der Reihe nicht einnehmen. — Das Gold von Peru und das von Catharinenburg haben eine hellgelbe Farbe, und letzteres sitzt auf Brauneisenstein; ein Grund mehr an den Eisengehalt desselben zu glauben.

Alles gediegen Kupfer befindet sich an derselben Stelle, welche das künstlich erzeugte Cementkupfer (Nr. 3 der Tabelle § 31) einnimmt. Sollte jenes vielleicht gleichen Ursprungs mit diesem sein? Das häufige Vorkommen des braunen Eisenochers bei dem gediegen Kupfer (s. *Hofmann*'s Handbuch der Mineralogie Bd. III, 2, S. 88) scheint gleichfalls dafür zu sprechen. Unter den zu magnetischen Versuchen angewandten Kupferstufen befanden sich mehrere durch Krystallisation und Farbe ausgezeichnet schöne Stücke*).

---

das Verhalten der letzteren, wie man aus weiter unten vorkommenden Angaben näher ersehen wird.

*) Das Cementkupfer, welches durch Eisen aus Kupfervitriol hergestellt worden, behält, wie ich später gefunden habe, die Stelle zwischen Zink und Platina Nr. 4 in der magnetischen Reihe nur so lange, als es in der ursprünglichen Form, wie es reducirt worden, bleibt. Wird es im Thontiegel für sich, ohne Zusatz

[303] Das gediegen Tellur enthält nach einer hier von Herrn *Berzelius* angestellten Untersuchung eine beträchtliche Quantität Selenium. Das von Herrn *Bergemann* reducirte, jenem gleich wirkende Tellur ist von Selenium gänzlich frei.

Gediegen Eisen finden wir in der magnetischen Reihe an drei verschiedenen Stellen. Die höher stehenden enthalten fremdartige Beimischungen; die am tiefsten stehenden sind reines Eisen.

Von den meisten der über Platina Nr. 1 stehenden Meteoreisen ist bekannt, dass sie Nickel enthalten. Dieses Metall mag wohl vorzüglich dazu beitragen, dem Eisen eine so hohe Stelle in der Reihe zu geben; denn auch andere, im reinen Zustande in der magnetischen Reihe tief stehende Metalle werden, gleich dem Eisen, durch Beimischung von Nickel über Platina 1 hinaufgerückt, wovon man weiter unten einige Beispiele finden wird *).

---

irgend eines Flussmittels geschmolzen, so zeigt es nach dem Erkalten genau das magnetische Verhalten des Kupfers Nr. 2. — Ob geschmolzene gediegene Kupferkrystalle sich eben so verhalten, habe ich nicht Gelegenheit gehabt zu untersuchen. Octaëdrische und pyramidale Garkupfer-Krystalle unterscheiden sich von den gediegenen Kupferkrystallen gleichfalls dadurch, dass sie die Stelle von Kupfer Nr. 2 einnehmen.

*) Das Meteoreisen von New-Orleans würde eine Ausnahme machen, wenn es wirklich nach der demselben beigefügten englischen Etiquette, und der mit dieser übereinstimmenden, aus dem *American mineralogical Journal* entlehnten Notiz im *Journal des Mines* 1812 Sept., p. 235 keinen Nickel enthielte, da es in seiner thermomagnetischen Wirkung den übrigen nickelhaltigen Meteoreisen vollkommen gleich kommt. Aber auch jenes Meteoreisen enthält Nickel, wie schon aus einem in den Göttinger gelehrten Anzeigen von 1819, Stück 47, mitgetheilten Auszuge aus dem oben erwähnten *American mineralogical Journal* zu ersehen ist, welches auch Herrn *Chladni* bestimmt hatte, dieses Meteoreisen in seinem Werke über die Feuermeteore S. 344 zu den nickelhaltigen zu zählen. Später hatte Herr *Chladni* Gelegenheit das *American mineralogical Journal*, in welchem von jenem Meteoreisen zuerst Nachricht gegeben worden, selbst zu sehen, und er führt daraus in seinen neuen Beiträgen zur Kenntniss der Feuermeteore u. s. w. in *Gilbert*'s Annalen 1821, Stück 8, S. 343 an, dass die Herren *Gibbs* und *Silliman* diese Eisen untersucht, und Nickel darin gefunden haben. Das Stück New-Orleanser Meteoreisen, mit welchem ich die thermomagnetischen Versuche angestellt habe, kommt im äusseren Ansehen dem Meteoreisen von Elnbogen am nächsten. Ich verdanke jenes Herrn *Berzelius*, welcher es mir im October 1822 zur Vergleichung mit dem § 31 angeführten reinen Eisen zu senden die Güte hatte.

[304] Das Meteoreisen von der Collina di Brianza in Mailand zählt Herr *Chladni* in seinem Werke über Feuermeteore S. 349 zu den problematischen Meteoreisen, doch ist er geneigt, an den meteorischen Ursprung desselben zu glauben, sowohl wegen des äusseren Ansehens der ganzen Masse als auch wegen der Weise desselben, wodurch es sich von dem gewöhnlichen Eisen, welches dunkler ist, unterscheidet. Nach den Analysen von *Guidotti*, *Klaproth* und *Gehlen* enthält es keinen Nickel, und auch kein Chrom, Phosphor und Kohlenstoff, sondern ist sehr reines Eisen, mit einer kleinen Spur von Braunstein und Schwefel. In der magnetischen Reihe nimmt dieses Meteoreisen (für welches es, nach allem was Herr *Chladni* davon anführt, wohl zu halten ist), mit dem chemisch reinen Eisen von Herrn *Berzelius* genau dieselbe Stelle ein. —

Das gediegen Eisen von Gross Kamsdorf ist dasselbe, welches *Klaproth* in den Beiträgen zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper Bd. IV, S. 102 u. f. beschrieben hat, und welches 92,5 Eisen, 6,0 Blei und 1,5 Kupfer enthält.

Das unechte gediegen Eisen von Gross Kamsdorf, gleichfalls aus *Klaproth's* Sammlung, steht unter dem Stahl, und ist ohne Zweifel nur Stabeisen, dem es auch in der Farbe gleicht. Dasselbe gilt von dem angeblichen gediegen Eisen aus der Grafschaft Sayn-Altenkirchen, dessen Ursprung überdem ungewiss ist, da es nicht in einer Grube, sondern auf einem mit Erz beladenen Karren gefunden worden ist.

Das Aachner gediegen Eisen steht in der magnetischen Reihe noch über dem Stahl, doch unter Platina 4 (und wie ich später gefunden habe, auch unter Cadmium). Hier-

---

Auch von dem Bitburger, in *Chladni's* neuen Beiträgen u. s. w., *Gilbert's* Annalen 1821, Stück 8, S. 342 erwähnten, gleichfalls nickelhaltigen Meteoreisen habe ich so eben durch gütige Mittheilung von Herrn *Weiss* Gelegenheit gehabt ein paar Stücke zu untersuchen. Auch dieses nimmt dieselbe Stelle in der magnetischen Reihe ein, wie die übrigen nickelhaltigen Meteoreisen, was auch noch besonders deshalb Aufmerksamkeit verdient, weil dieses Eisen im Frischfeuer bearbeitet worden war. Herr *Karsten* hat in diesem Eisen 9,78 Procent Nickel und 1,47 Procent Schwefel, aber weder Kobalt, noch Chrom und Mangan gefunden, und schätzt den Kohlengehalt desselben auf höchstens ½ Procent.

Das Meteoreisen von Tocavita bei Bogota, welches Herr *A. v. Humboldt* dem Königlichen Mineraliencabinet neuerlich geschenkt hat, enthält nach der Analyse der Herren *Rivero* und *Boussingault* 91,41 Eisen und 8,59 Nickel.

durch könnte man veranlasst [305] werden, es für ein dem gefrischten Eisen nahe kommendes Roheisen zu halten (vgl. hiermit die weiter unten befindliche Tabelle über das Verhalten der Roheisen)*).

Das gediegen Eisen von dem Shulys-Gebirge in New-Jersey enthält Graphit. Auch dieses steht über Stahl, und auch über Cadmium, doch unter Platina 4, mit welchem es schwächer als das Aachner Eisen wirkt.

38. Die Ordnung der schon oben § 10 erwähnten Erze in der magnetischen Reihe der künstlich hergestellten Metalle ist bei der ersten Temperatur-Differenz der Berührungspunkte, folgende**):

Künstlich hergestellte Metalle	Erze	
Wismuth	Bleiglanz	
	Schwefelkies	Wismuthspiegel aus Deutsch-Pilsen in Ungarn.
	Arsenikkies	
	weisser Speiskobalt	Magneteisenstein *a*) zwei kleine Octaëder *b*) zwei Stücke v. Baltimore.
	grauer Speiskobalt	
Nickel	Kobalt-Nickelglanz	Eisenglanz, spiegelflächiger aus d. Schweiz.
	Kupferkies	
	Nickel-Antimon von Wilmsdorf	

*) Vielleicht ist es jedoch ein Meteoreisen, mit dem ein ähnlicher Versuch, wie mit dem Bitburger Eisen, es zu Stabeisen zu verarbeiten, gemacht worden, welcher aber wegen beträchtlichen Arsenikgehaltes der Masse (der nach *Monheim* 15 Procent Arsenikmetall beträgt) missglückte.

**) Diese vollständige Tabelle wurde der Academie am 11. Februar 1822 vorgelegt.

Künstlich hergestellte Metalle	Erze	
Platina Nr. 1		
[306]	Kupfernickel	
Gold Nr. 1		
		(Strahliger Graubraunstein).
		(Zinngraupen).
Kupfer Nr. 2		
		(Glanzkobalt).
Zink		
	Englischer Graphit	
Stahl		
Stabeisen		
	Blättriger Magnetkies von Bodenmais	Silberhaltiger Wismuthspiegel aus Deutsch-Pilsen in Ungarn.
Antimon		
	Kupferglanz	
	Buntkupfererz	

Von allen metallhaltigen Körpern ist Bleiglanz bis jetzt der Einzige, welchen ich über Wismuth stehend gefunden habe.

Die am andern Ende der Reihe unter Antimon stehenden Erze, Kupferglanz und Buntkupfererz, weichen in ihrem Verhalten gegen die ihnen zunächst stehenden Metalle wenig vom Tellur ab; ob sie über oder unter dieses zu stellen sind, hat noch nicht ausgemittelt werden können.

Merkwürdig ist die Vertheilung der Eisen- und Kupfererze in der Metallreihe nach ihrem verschiedenen Schwefelgehalt, indem diejenigen [307] dieser Erze, welche sich im Maximo ihres Schwefelgehaltes befinden, wie Schwefelkies und Kupferkies, in der Nähe der östlichsten Metalle; diejenigen aber, welche sich im Minimo ihres Schwefelgehaltes befinden, wie der blättrige Magnetkies, desgleichen Kupferglanz und Buntkupfererz, in der Nähe der westlichsten

Metalle der Reihe ihre Stelle erhalten. Dies ist um so merkwürdiger, da der Körper, durch welchen die Ortsbestimmung jener Erze veranlasst zu werden scheint, — der Schwefel — zu denen gehört, welche für sich mit den Metallbogen zu Kreisen verbunden, im festen Zustande nicht magnetisch werden.[13])

Nicht alle Schwefelkiese, und auch nicht aller Bleiglanz wirken gleich stark mit den Metallbogen, und es verdient das abweichende Verhalten einiger dieser Erze noch weitere Untersuchung.

Bemerkenswerth ist ferner, dass die geringe Zahl der wirksamen Erze sich an den äussersten Enden der magnetischen Reihe anhäuft, und dass keines entschieden über das sechste Metall an den beiden Enden unserer Reihe, gegen die Mitte zu, zu stehen kommt.

Die in Klammern eingeschlossenen neben Kupfer 2 befindlichen Erze, Grau-Braunsteinerz, Zinngraupen und Glanzkobalt, sind nicht als Ausnahmen von jener Regel anzusehen; sie sind bloss deshalb hierher gestellt worden, weil sie nur mit Kupfer 2, nicht aber mit den übrigen Metallstreifen eine hinlänglich deutliche Wirkung zeigten. Dass sie in höheren Temperaturgraden als denen, welchen sie bei diesen Versuchen ausgesetzt wurden, sich auch mit den übrigen Metallen wirksam zeigen werden, ist sehr wahrscheinlich. Glanzkobalt zeigte auch wirklich bei stärkerer Erhitzung mit Gold 2, mit dem er vorher nicht gewirkt hatte, eine schwache Action, der zu Folge er unter dieses Metall zu setzen wäre *).

[308] Das von Herrn *Weiss* Wismuthspiegel benannte Erz ist das sehr seltene Fossil, welches von Herrn *v. Born* Molybdänsilber und von *Klaproth* Wismuthglanz von Deutsch-Pilsen genannt worden. Es besteht nach der Analyse von Herrn *Berzelius* aus Tellur- und Selen-Wismuth.

*) In einer Reihe von Versuchen, welche im Juni und Juli 1822 angestellt wurden, fand ich, dass concentrirte Schwefelsäure und Salpetersäure in der thermomagnetischen Reihe der Metalle über Wismuth, — und dass concentrirte Natron- und Kali-Auflösungen unter Antimon und Tellur zu stehen kommen; dass sich aber die Stelle der Säuren und Kalien ändert, wenn sie verdünnt werden. Eine ausführliche Beschreibung von diesen und andern hierher gehörenden Versuchen enthält eine Abhandlung, welche im nächsten Bande dieser Denkschriften erscheinen wird.[14])

Das Erz, welchem Herr *Weiss* den Namen silberhaltiger Wismuthspiegel gegeben hat, befand sich in der ehemaligen Sammlung *Klaproth*'s und war von diesem gleichfalls als Wismuthglanz von Deutsch-Pilsen bezeichnet worden*).

Kobalt-Nickelglanz ist ein neues, von Herrn *Weiss* so benanntes Fossil, welches sich in *Klaproth*'s Sammlung unter dem Namen Gediegen Arsenikal-Nickel befand**).

Die magnetische Wirkung der Erze ist in der Regel mit den ihnen in der Reihe nahe stehenden Metallen schwach; so z. B. erregen Schwefelkies, Arsenikkies, Wismuthspiegel und Magneteisenstein mit Wismuth verbunden nur schwachen Magnetismus, während Speiskobalt mit Wismuth bei gleicher Temperatur-Differenz sich sehr wirksam erweist.

Der englische Graphit zeigte mit Antimon keine deutliche Declination, aber wohl mit Zink und mit Stahl. Nicht aller Graphit verhielt sich diesem gleich; manche Sorten nahmen höhere Stellen in der Reihe ein, und die meisten wirkten schwächer, als der feine englische Graphit.

39. Noch wurden folgende Erze untersucht:

	Glaserz, krystallisirtes	Fahlerz
	- sprödes	Graugültigerz
	Rothgültigerz	Weissgültigerz
[309]	Zinnkies	Titaneisen
	Spiessglanzbleierz	Iserin
	Zinkblende, schwarze, braune und gelbe	Rutil
		Hornsilber
	Wismuthglanz von Riddarhytta	Hornblei
	Nadelerz	Bleivitriol
	Rauschgelb	Weissbleierz
	Wasserblei	Grünbleierz
	Rotheisenstein	Eisenvitriol
	Chromeisen	Kupfervitriol

u. s. w.

*) Herr *H. Rose*, welchem Herr *Weiss* dieses Erz wegen der zweifelhaften Identität des von *Klaproth* analysirten Wismuthglanzes von Deutsch-Pilsen (s. dessen Beiträge zur chemischen Kenntniss der Mineralien. Bd. I, S. 253 u. f.) mit diesem Exemplar oder mit dem von Herrn *Berzelius* bereits untersuchten, zur Untersuchung mitgetheilt hatte, hat gefunden, dass es aus Tellur-Wismuth und Tellur-Silber mit geringer Spur von Selen und Antimon besteht (S. Gil. Ann. 1822, Stück 10, S. 191).

**) Nach Herrn *H. Rose*'s Untersuchung mit dem Löthrohre besteht es grösstentheils aus Kobalt und Arsenik.

Von allen diesen Fossilien erzeugte keines eine magnetische Polarisation in der Verbindung mit Kupfer Nr. 2, und in den mässig erhöhten Temperaturzuständen, in die sie versetzt wurden. Ich zweifle jedoch nicht, dass mehrere derselben sich bei stärkerer Temperatur-Differenz der Berührungspunkte wirksam zeigen werden. Gänzlich unwirksam wurden auch alle erdartigen Fossilien, die Salze und die unmetallischen brennbaren Körper gefunden, namentlich auch Steinkohlen.

Ein einzelnes Stück Wismuthglanz von Riddarhytta bewirkte eine Declination der Magnetnadel, wenn eine bestimmte Stelle desselben den erhitzten Kupferstreifen berührte. Bei genauerer Untersuchung fand sich, dass diese Stelle einen sehr kleinen Schwefelkies-Krystall enthielt, und dass dieser es war, welcher mit jenem Kupfer, und auch mit Gold Nr. 1 eine östliche Declination hervorbrachte. Die übrigen Theile dieses sonst reinen Wismuthglanzes verhielten sich eben so unwirksam als jedes andere Stück Wismuthglanz von Riddarhytta und Salberg.

Durch Schmelzung bereitete Verbindungen von Wismuth und Schwefel in verschiedenen Verhältnissen zeigten sich wirksam und beinahe dem reinen Wismuth gleich.

Ein jenem Wismuthglanze ähnliches Verhalten zeigte ein Stück Zinkblende von Christoph zu Breitenbrunn, an dem einzelne Stellen eine deutliche magnetische Polarität erregten, während der übrige Theil der Masse, so wie alle Zinkblende überhaupt, unwirksam gefunden wurde. Hier war es fein eingesprengter Arsenikkies, welcher den Magnetismus hervorrief.

[310] Bei Bestimmung des magnetischen Verhaltens der Erze ist also sorgfältig darauf zu achten, dass nur homogene und von fremden Beimischungen freie Stücke angewendet werden.

Die zu diesen Versuchen benutzten Erze und gediegenen Metalle waren sämmtlich aus dem reichen Mineralienkabinet der hiesigen Universität.

40. Um weitere Aufschlüsse über den Einfluss fremdartiger Beimischungen auf die magnetische Action der Metalle bei eintretender Temperatur-Differenz zu gewinnen, wurden Versuche mit Alliagen von einigen der wichtigsten Metalle unserer Reihe, namentlich von Wismuth und Antimon mit einander,

und mit Zinn, Blei, Kupfer 2 und Zink unternommen. Jedes dieser Metalle wurde mit jedem der andern in drei verschiedenen Verhältnissen zusammengeschmolzen; nämlich: *a*) beide Metalle zu gleichen Theilen, *b*) drei Theile des ersten zu einem Theil des andern, und *c*) ein Theil des ersten zu drei Theilen des andern.

Die Resultate der Versuche mit diesen siebenundzwanzig Alliagen, mit Kupfer Nr. 2 zu Kreisen verbunden, sind in folgender Tabelle zusammengestellt, wie sie sich bei mässiger Erhöhung der Temperatur eines der Berührungspunkte und in der Fig. 2 und 3 angegebenen Lage der Apparate ergaben*).

[311]

Alliagen von	Drei Theile zu einem Theil	Zu gleichen Theilen	Ein Theil zu drei Theilen
Wismuth und Kupfer	O stark	O stark	O schwächer
Wismuth und Zink	O stark	O lebhaft	O schwach
Wismuth und Blei	W lebhaft	W schwächer	O schwach
Wismuth und Zinn	W lebhaft	W schwächer	O schwach
Wismuth und Antimon	O stark	W ziemlich lebhaft	W stark
Antimon und Kupfer	W lebhaft	W schwächer	W am schwächsten

*) Diese Tabelle wurde der Academie am 18. October 1821 vorgelegt.

Alliagen von	Drei Theile zu einem Theil	Zu gleichen Theilen	Ein Theil zu drei Theilen
Antimon und Blei	W lebhaft	W lebhaft	W schwächer
Antimon und Zinn	W lebhaft	W lebhaft	W schwächer
Antimon und Zink	W stark	W stark	W etwas schwächer

Wir finden hier, dass Alliagen von Wismuth und Kupfer in allen drei Mischungsverhältnissen mit Kupfer Nr. 2 östliche Declinationen bewirken, wie der reine Wismuth, dass aber die magnetische Polarisation um so schwächer wird, je mehr Kupfer sich in dem Alliage befindet.

Wismuth und Zink verbinden sich so unvollkommen mit einander, dass aus den Versuchen mit diesen Alliagen wenig mehr zu folgern ist, als dass auch hier die Wirkung des Wismuths überall vorherrschend ist, wie die östliche Declination der Nadel in Ketten aus allen drei Verbindungen beweist.

Die Alliagen von Wismuth mit Blei und Wismuth mit Zinn zeigen dagegen ein den vorhergehenden beiden Mischungen entgegengesetztes und in mehr als einer Beziehung merkwürdiges Verhalten; die [312] Declination ist hier westlich, wo die Menge des Wismuths überwiegend ist, und wird erst wieder östlich, wo diese nur ein Theil auf drei Theile des andern Metalls beträgt. — Hieraus ergiebt sich denn zugleich, dass es für diese beiden Alliagen (die von Wismuth mit Blei oder mit Zinn) in ihrer magnetischen Action mit Kupfer Nr. 2 einen Nullpunkt geben muss, wo ungeachtet der Differenz der Temperatur der beiden Berührungspunkte keine magnetische Polarisation erfolgt, — und dass dieser Nullpunkt erst, nachdem die dem Wismuth beigemischte Quantität des Bleies oder Zinnes das in der zweiten Spalte angegebene Verhältniss überschritten, und das in der dritten Spalte angegebene noch nicht erreicht hat, eintreten muss.

Unter den Legirungen von Wismuth und Antimon muss gleichfalls eine vorkommen, welche bei einem bestimmten Mischungsverhältnisse jener beiden Metalle (das zwischen den in der ersten und zweiten Spalte der vorgehenden Tabelle angegebenen liegt), mit Kupfer Nr. 2 zum Kreise verbunden, bei vorhandener Temperatur-Differenz der Berührungspunkte, keine magnetischen Pole zeigt.[15])

Dass die in diesen und ähnlichen Fällen fehlende oder aufhörende magnetische Polarität der metallischen Ketten nicht in Widerspruch stehe mit der Ueberschrift dieser Abhandlung und mit dem oben aufgestellten Satz: dass die erste und wesentlichste Bedingung des Magnetismus in unsern zweigliedrigen Ketten Differenz der Temperatur der Berührungspunkte sei, ist in die Augen fallend; denn es ist damit nicht behauptet worden, dass jede Temperatur-Differenz der Berührungspunkte auch eine frei hervortretende magnetische Polarität zur Folge haben müsse, und es hat dies um so weniger behauptet werden können, da, wie oben § 29 bereits bemerkt worden, auch in manchen Ketten von reinen Metallen eine magnetische Polarität erst bei sehr beträchtlicher Temperaturerhöhung wahrnehmbar wird; sondern es sagt jener Satz nur aus, dass Differenz der Temperatur in so fern eine wesentliche Bedingung zur freien magnetischen Polarität der metallischen Ketten oder Kreise ist, als entschieden ohne dieselbe keine solche Polarität statt findet.

Von den übrigen Alliagen des Antimons, welche sämmtlich (ihrer westlichen Declination zu Folge) unter Kupfer Nr. 2 stehen, [313] zeichnen sich besonders die von Antimon mit Zink aus; alle drei wirken mit jenem Kupfer stark und das aus drei Theilen Antimon und einem Theile Zink bestehende stärker als reines Antimon. Bei den übrigen Alliagen des Antimons wurde die Wirkung durch Zusatz eines andern Metalls immer geschwächt, und dies um so mehr, je grösser die Menge des letzteren war.

Die Ordnung dieser Alliagen in unserer § 31 angeführten magnetischen Metallreihe giebt folgende Tabelle an*).

*) Diese Tabelle wurde der Academie im Februar 1822 vorgelegt.

Künstlich hergestellte Metalle	Alliagen
Wismuth	
	Wismuth 3 Th. und Antimon 1 Th.
	Wismuth 3 Th. und Zink 1 Th.
	Wismuth 3 Th. und Kupfer 1 Th.
	Wismuth 1 Th. und Kupfer 1 Th.
	Wismuth 1 Th. und Kupfer 3 Th.
Nickel	
Platina Nr. 1	
Gold Nr. 1	
Blei	
Zinn	
	Wismuth 1 Th. und Zink 3 Th.
	Wismuth 1 Th. und Blei 3 Th.
Platina Nr. 3	
	Wismuth 1 Th. und Zinn 3 Th.
Kupfer Nr. 2	
	Wismuth 1 Th. und Blei 1 Th.
Gold Nr. 2	
Silber	
	Wismuth 1 Th. und Zinn 1 Th. *d'Arcet*'s leichtflüssige Mischung.
[314]	
Zink	
	Wismuth 3 Th. und Blei 1 Th. *Rose*'s leichtflüssige Mischung.
	Wismuth 1 Th. und Antimon 1 Th.
	Antimon 3 Th. und Kupfer 1 Th.; Antimon 1 Th. und Kupfer 1 Th.; Antimon 1 Th. und Kupfer 3 Th.
	Antimon 3 Th. und Blei 1 Th.; Antimon 1 Th. und Blei 1 Th.; Antimon 1 Th. und Blei 3 Th.
	Antimon 3 Th. und Zinn 1 Th.; Antimon 1 Th. und Zinn 1 Th.; Antimon 1 Th. und Zinn 3 Th.
Stahl	
Stabeisen	
	Wismuth 3 Th. und Zinn 1 Th.
	Wismuth 1 Th. und Antimon 3 Th.
	Antimon 1 Th. und Zink 3 Th.

Künstlich hergestellte Metalle	Alliagen
Antimon	Antimon 1 Th. und Zink 1 Th. Antimon 3 Th. und Zink 1 Th.

Die Alliagen von Wismuth und Antimon, finden wir hier ziemlich an den Stellen, wo man Mischungen von den beiden äussersten Metallen der Reihe erwarten konnte; nämlich dasjenige, welches die grösste Menge Wismuth enthält in der Nähe des reinen Wismuths, dasjenige hingegen, welches die grösste Menge Antimon enthält, in der Nähe des reinen Antimons, und die Legirung aus gleichen Theilen Antimon und Wismuth nahe der Mitte der Reihe.

Die drei Alliagen von Wismuth mit Kupfer stehen sämmtlich zwischen dem ersten und zweiten Metall unserer Reihe, dem Wismuth und Nickel, — und selbst ein Alliage von 75 Procent Kupfergehalt vermag nicht eine tiefere Stelle in der Reihe zu gewinnen, woraus [315] zu schliessen ist, dass wohl schon eine geringe Beimischung von Wismuth dem Kupfer eine höhere Stelle in der magnetischen Reihe geben könnte*).

Noch deutlicher als in der ersten Tabelle tritt in dieser das von den übrigen Alliagen sich so auszeichnende Verhalten der Mischungen von Wismuth mit Blei und Wismuth mit Zinn hervor. Beide Arten von Alliagen finden wir an desto tieferen Stellen in der magnetischen Reihe, und also um so entfernter von Wismuth, je mehr Wismuth sie enthalten, — und hierin zeichnet sich das Alliage aus drei Theilen Wismuth mit einem Theile Zinn vor dem aus drei Theilen Wismuth mit einem Theile Blei aus, da jenes sogar zwischen Stabeisen und Antimon steht. — Je mehr Zinn oder Blei die Mischung enthält, desto höher sehen wir sie in der Reihe hinauf gerückt, doch bleiben auch noch die Mischungen von

*) Dass die hohen Stellen unsers Kupfers Nr. 1 und Nr. 0 durch einen Wismuthgehalt veranlasst worden, ist nicht wahrscheinlich; eher wäre zu glauben, dass dies Metall durch einen stärkeren Kohlengehalt dahin versetzt würde, wenn nicht vielleicht auch ein geringer Gehalt an Eisen dazu beiträgt.

einem Theile Wismuth mit drei Theilen eines der andern beiden Metalle unter dem reinen Zinn und Blei. — Aus diesem allen folgt, dass schon eine geringe Zumischung der letztgenannten beiden Metalle zum Wismuth die Stelle von diesem bedeutend verändern werde, und dass also deren Gegenwart im Wismuth durch die magnetischen Erscheinungen leicht auszumitteln ist. — Zu bemerken ist noch, dass wenn ein Alliage von Wismuth und Zinn oder von Wismuth und Blei in einem bestimmten Verhältnisse, zum Kreis verbunden mit Kupfer Nr. 2, bei bestehender Temperatur-Differenz der Berührungspunkte ohne magnetische Polarität bliebe, daraus keinesweges folgt, dass ein solches Alliage sich auch mit den übrigen Metallbogen eben so verhalten werde; sondern es ist vielmehr aus den an reinen Metallen und Erzen wahrgenommenen Erscheinungen zu schliessen, dass jene Alliagen mit mehreren höher oder tiefer stehenden Metallen sich wirksam zeigen können, während ihre Action mit einigen andern Null ist.

Auffallend ist es nach den eben erwähnten Erfahrungen, dass so verschiedenartige Metallmischungen, wie die von Antimon mit Kupfer, [316] mit Blei und Zinn, alle eine gleiche Stelle in der magnetischen Reihe, zwischen Zink und Stahl, einnehmen, und dass sich bei diesen Alliagen keine Verschiedenheit weiter als in der Stärke der magnetischen Polarisation nach dem grösseren oder geringeren Gehalte des einen oder andern Metalls zeigt.

Wie Zinn und Blei auf Wismuth, so scheint Zink auf Antimon zu wirken; es giebt diesem eine tiefere Stelle in der Reihe, und zwar nimmt ein Alliage von Antimon die tiefste Stelle in der Reihe ein, wenn es auf drei Theile nur ein Theil Zink enthält, und stellt sich höher, wenn der Gehalt an Zink grösser wird.

Alle diese Erfahrungen scheinen auf eine stärkere oder schwächere Verwandtschaft, eine vollkommenere oder geringere Verbindung der Metalle mit einander zu deuten, und lassen erwarten, dass sich aus der Fortsetzung dieser Untersuchungen noch bestimmtere Aufschlüsse über die den Magnetismus durch Temperatur-Differenz begründenden und ändernden inneren Zustände der Körper ergeben werden.

41. An einigen der leichtflüssigen Alliagen, namentlich an dem von *d'Arcet*, desgleichen an ein paar Alliagen von Wismuth mit Zinn bemerkte ich ein verschiedenes Verhalten,

je nachdem sie sich im festen oder flüssigen Zustande befanden, und einige derselben fand ich zugleich nach dem zweiten Erstarren an einer andern Stelle in der magnetischen Metallreihe als im ursprünglichen festen Zustande derselben, unmittelbar nach dem Guss.

Die Resultate dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt*).

[317]

Künstlich hergestellte Metalle	Alliagen		
	Im festen Zustande, wie sie vom Guss kamen	Im flüssigen Zustande	Im festen Zustande, nach dem zweiten Erstarren
Wismuth			
Nickel			
Platina Nr. 1			
		I Amalgam von Wismuth, Blei, Zinn u. Quecksilber.	
Gold Nr. 1			
Kupfer Nr. 1			
Blei			
Zinn			
	Wismuth 1 Th. u. Blei 3 Th.	Wismuth 1 Th. u. Blei 3 Th.	Wismuth 1 Th. u. Blei 3 Th.
	I Amalgam von Wismuth, Blei, Zinn u. Quecksilber.		
Platina Nr. 3			

*) Diese Tabelle wurde genau so, wie sie hier steht, der Academie am 11. Februar 1822 vorgelegt. — Die beigefügten römischen Ziffern sollen bloss zum leichteren Auffinden eines und desselben Alliage in den verschiedenen Columnen dienen.

[illegible]	Anlagen		
	Im festen Zustande wie die vorige Legirung	Im flüssigen Zustande	Im festen Zustande, nach dem zweiten Erstarren
	II Wismuth 1 Th. u. Zinn 3 Th.	II Wismuth 1 Th. u. Zinn 3 Th.	
		III Wismuth 1 Th. u. Zinn 1 Th.	
[illegible] Nr. 9			
	Wismuth 1 Th. u. Blei 1 Th.	Wismuth 1 Th. u. Blei 1 Th.	Wismuth 1 Th. u. Blei 1 Th.
		IV d'Arcet's Alliage.	II Wismuth 1 Th. u. Zinn 3 Th.
[illegible]			
[illegible] Nr. 9			I Amalgam von Wismuth, Blei, Zinn u. Quecksilber.
[illegible]			
	III Wismuth 1 Th. u. Zinn 1 Th.		
	[illegible]		
[illegible]			
	Wismuth 1 Th. u. Blei 1 Th.	Wismuth 1 Th. u. Blei 1 Th.	Wismuth 3 Th. u. Blei 1 Th.
	[illegible]	[illegible]	[illegible] Alliage.
			Wismuth 1 Th. u. Zinn 1 Th.
			[illegible] Alliage
[illegible]			
[illegible]			
	[illegible]	[illegible]	[illegible] Th. [illegible] Th.
[illegible]			

Diejenigen von diesen Metallmischungen, welche im flüssigen Zustande eine andere Stelle in der magnetischen Reihe einnehmen, als im festen, kommen in jenem immer höher in derselben zu stehen als in diesem. Der tiefere Stand, welchen einige Alliagen nach dem zweiten Erstarren einnehmen, möchte wohl häufig einer, während des flüssigen Zustandes, durch ungleiche Oxydation der Metalle, eingetretenen [319] Veränderung des Mischungsverhältnisses derselben zuzuschreiben sein, wenn auch nicht in allen Fällen.

Es ist einleuchtend, dass für alle diejenigen Alliagen, welche im flüssigen Zustande eine höhere Stelle in der Reihe einnehmen als im festen, ein Moment des Aufhörens der entstandenen magnetischen Polarität (ein Nullpunkt) und eine Umkehrung derselben, sowohl während des Steigens als während des Fallens der Temperatur, bei ihrer Verbindung zu geschlossenen Kreisen mit denjenigen Metallen eintreten wird, welche zwischen ihren beiden äussersten Stellen in der Reihe liegen, nicht aber mit den oberhalb und unterhalb dieser Grenzpunkte befindlichen Metallen. — So z. B. wird eine Kette, zusammengesetzt aus dem Alliage von Wismuth und Zinn zu gleichen Theilen, mit den drei Metallen, Silber, Gold 2 und Kupfer 2, bei Erhöhung der Temperatur eines der Berührungspunkte, an der einen Seite (der Grundfläche der Kette), erst — m, dann 0 m und nachher + m; — und dies ebenfalls nach dem zweiten Erstarren des Alliage in der Kette mit Zink, niemals aber in Ketten mit Wismuth, Nickel, Platina 1, Gold 1, Blei, Zinn, Stahl, Eisen und Antimon.

Eine Umkehrung der magnetischen Polarität wird auch bei der ersten Temperaturerhöhung eintreten in Ketten, gebildet aus dem in der Tabelle angeführten Amalgam*) mit Zinn, Blei, Kupfer 1 und Gold 1, nicht aber in den Ketten dieses Amalgams mit Platina 1, Nickel, Wismuth und eben so nicht mit Platina 3 und allen unter diesem stehenden Metallen. Bei abnehmender Temperatur hingegen werden, nach eingetretenem flüssigen Zustande des Amalgams, Verbindungen desselben mit Platina 3, Kupfer 2, Gold 2, nicht aber mit Silber, Zink, Eisen

*) Dieses bestand aus Wismuth, Blei und Zinn, zu gleichen Theilen, und einer geringen Menge Quecksilber.

und Antimon eine Umkehrung ihrer magnetischen Polarität erleiden.

Die Legirung von Wismuth und Zinn, zum zweiten Mal in Fluss gebracht, nahm wieder die höhere Stelle in der Reihe ein, und wurde nach dem dritten Erstarren wieder an ihrer vorigen Stelle, zwischen Zink und Stahl gefunden.

[320] Ein anderes Verhalten zeigte *d'Arcet*'s leichtflüssige Metallmischung, welche anfänglich gleichfalls verschiedene Stellen im festen und flüssigen Zustande in der Reihe eingenommen hatte. Nach dem zweiten Erstarren desselben geschah dies nicht mehr, sondern es blieb nun in beiden Zuständen unter dem Zink; es verhielt sich also jetzt der leichtflüssigen Mischung von *Rose* gleich*).

Eben so finden wir alle Alliagen von Wismuth mit Blei, und die von Wismuth zu drei Theilen mit einem Theile Zinn im flüssigen wie im festen Zustande unverändert an derselben Stelle der Reihe; diese erleiden also keine Umkehrung der magnetischen Polarisation in der Verbindung mit den in der ersten Spalte genannten Metallen, weder bei steigender noch bei fallender Temperatur-Differenz der Berührungspunkte. — An diesen Ketten zeigt sich in der Regel eine stärkere Polarität im flüssigen Zustande der Alliagen als im festen.

Wenn das gleichförmige Verhalten dieser letzteren Metallmischungen eines Theils andeutet, dass sie bei den wiederholten Schmelzungen keine bedeutende Mischungsveränderung erlitten haben können, so scheint zugleich aus ihrer Unveränderlichkeit in jenen beiden Zuständen hervorzugehen, dass sie auch vollkommener gemischt und verbunden sind als die oben erwähnten in ihrem magnetischen Verhalten veränderlichen Alliagen.

42. Die einfachen Amalgame von Wismuth und Quecksilber, sowohl im festen als im flüssigsten Zustande, wurden sämmtlich, gleich dem reinen Wismuth, über Nickel stehend gefunden, doch zeigten sie um so schwächere Wirkung mit demselben, je flüssiger sie waren. — Eine geringe

*) Das Alliage von *d'Arcet* besteht bekanntlich aus acht Theilen Wismuth, fünf Theilen Blei und drei Theilen Zinn; — das von *Rose* aus zwei Theilen Wismuth, einem Theile Blei und einem Theile Zinn.

Beimischung von Wismuth zum Quecksilber kann also durch die thermomagnetischen Erscheinungen leicht entdeckt werden.

Auch Wismuth mit Kalium verbunden, behielt selbst dann, als es (nach *Vauquelin*'s Methode durch Schmelzung mit Weinstein [321] behandelt) eine beträchtliche Menge Kalium aufgenommen hatte, seine vorige Stelle in der magnetischen Reihe, über dem Nickel.

Antimon auf dieselbe Weise mit einem beträchtlichen Antheil Kalium verbunden, nahm gleichfalls keine andere Stelle in der Reihe ein, als das reine Antimon.

Kupfer Nr. 2, mit Weinstein geschmolzen, schien kein Kalium aufgenommen zu haben; es erfolgte wenigstens keine Gasentbindung, wenn ein Stück davon in Wasser geworfen wurde. Auch die Stelle dieses Kupfers in der Reihe war nicht verändert.

Legirungen von Kupfer und Silber — Probestangen vom zwei- bis zum sechzehnlöthigen Silber — zeigten folgendes Verhalten. Alle funfzehn bewirkten mit Kupfer Nr. 2 eine westliche, und mit reinem Silber eine östliche Declination der Magnetnadel. — Mit Gold Nr. 2 gaben die Probestangen vom zweilöthigen bis zum elflöthigen Silber östliche, und die vom zwölflöthigen bis zum sechzehnlöthigen westliche Declination. Die ersteren stehen also zwischen Gold Nr. 2 und Kupfer Nr. 2 und die letzteren zwischen Gold Nr. 2 und dem chemisch reinen Silber unserer Tabelle § 31. Zwei Probestangen, ein elf und ein halblöthiges und ein zwölflöthiges, welche nicht zu jenen funfzehn gehörten, stellten sich über Kupfer Nr. 2. Vielleicht bestand die Legirung von diesen aus einer andern Sorte von Kupfer.

Preussische Thaler von 1820 und 1821 wurden unter Kupfer Nr. 2, — die zu diesen Versuchen angewendeten Friedrichsd'or hingegen über Kupfer Nr. 2, einige sogar zwischen Kupfer Nr. 1 und Blei stehend gefunden.

Ein Stück Eisen, welches mir Herr *Karsten* als ein zwei bis drei Procent Zink enthaltendes Roheisen mitgetheilt hatte, nahm seine Stelle zwischen Platina Nr. 1 und Gold Nr. 1. Im äusseren Ansehen glich dieses mehr dem Zink als irgend einem Roheisen.

Doch auch ein aus reiner Eisenvitriol-Auflösung, mit einer einfachen galvanischen Kette von Zink und Platina reducirtes Eisen, wurde an derselben Stelle der Reihe

gefunden. Ich hatte bei der Reduction dieses Eisens absichtlich Zink angewendet, in der Erwartung, dass von dem Zink, welcher in einer Salmiak-Auflösung stand, ein Theil [322] durch die Blase, welche die Eisenvitriol-Auflösung von jener trennte, dringen, und mit dem Eisen vermischt am Platinadrahte werde reducirt werden. — Das dem reinen Eisen so unähnliche äussere Ansehen des erhaltenen Kornes, seine blättrige Structur und grosse Sprödigkeit berechtigen wohl zu glauben, dass es Zink beigemischt enthalte*).

Ein gelber Stahl von Herrn Oberst *Fischer* in Schaffhausen, bestehend aus sechzehn Theilen Gussstahl und fünf Theilen Kupfer, wurde an zwei verschiedenen Stellen in der magnetischen Reihe gefunden; eine Folge der verschiedenen Beschaffenheit der beiden Enden dieses Stahls. Berührte das eine Ende desselben den heissen Theil der Bügel von Gold 1, Kupfer 1, Blei, Zinn und Platina 3, so erfolgte eine westliche Declination; berührte das andere Ende den heissen Theil jener Bügel, so war die Declination östlich.

Ein ähnliches Verhalten zeigte ein Stück Platina, dessen eine Hälfte aus reiner Platina, die andere Hälfte aus nicht hinlänglich von Arsenik befreiter (ähnlich unserer Platina Nr. 4) bestand. Berührte die erstere das heisse Ende der zwischen Platina Nr. 1 und Platina Nr. 4 liegenden Metalle, so war die Declination der Magnetnadel, bei der oben mehrmals angegebenen Lage der Apparate, westlich; — die Declination war dagegen östlich, wenn die andere Hälfte das heisse Ende jener Metalle berührte. Dass diese Erscheinungen dem § 32 aufgestellten Gesetz gemäss erfolgen, ergiebt sich leicht aus der Vergleichung derselben mit den Angaben in § 31.

Kohle von Fichten- und Buchenholz und von Haselstauden fand ich gänzlich unwirksam in der Verbindung mit den Metallbogen; — nur ein einziges Stück Kohle, von einem mir unbekannten Holze, welches ich von Herrn *Schweigger* vor mehreren Jahren unter dem Namen einer thermoxydirten Kohle erhalten hatte, zeigte sich mit einigen Metallen wirksam, namentlich mit Kupfer Nr. 2, Silber und Zink, und nahm unter diesen seine Stelle ein**).

*) Herr *H. Rose*, welcher späterhin die Güte hatte dies Eisen zu analysiren, hat gefunden, dass es wirklich Zink enthält, und schätzt die Menge desselben auf ungefähr zwei Procent.

**) Eine Stange reines Selenium, hergestellt von Herrn *H. Rose*,

[323] In der folgenden Tabelle findet man nicht nur die eben erwähnten, sondern auch einige später untersuchte Alliagen nach ihrem magnetischen Verhalten geordnet*).

Künstlich hergestellte Metalle	Alliagen
Wismuth	
	a) Alle Amalgame von Wismuth.
Nickel	*b*)* Legirungen von 2 Th. Kupfer mit 1 Th. Nickel.
	Legirungen von 10 Th. Kupfer mit 1 Th. Nickel.
	Legirungen von 10 Th. Kupfer mit 2 Th. Nickel.
	Legirungen von 5 Th. Kupfer, 7 Th. Nickel und 7 Th. Zink.
	Legirungen von 16 Th. Kupfer, 6 Th. Nickel und 10 Th. Zink.
	Legirungen von 89,8 Kupfer, 10,2 Nickel.
	- - 61,74 Kupfer, 7,01 Nickel und 31,25 Zink.
	Legirungen von 54,88 Kupfer, 6,23 Nickel und 38,89 Zink.
	Suhler Weisskupfer.
Palladium	
Platina Nr. 1	
Kupfer Nr. 0	
	c) Roheisen, welches 2 bis 3 Procent Zink enthält.
	d) Eisen, reducirt durch eine galvanische Kette, auch 2 Procent Zink enthaltend.
	e) Messing Nr. 1.

erregte in den Verbindungen mit den Metallbogen bei Erhöhung der Temperatur keinen Magnetismus, so lange es sich im festen Zustande befand; — im flüssigen ist es nicht untersucht worden. — Dies Selenium verhielt sich gänzlich wie ein idioelektrischer Körper, es leitete nicht nur die Electricität nicht, sondern es wurde auch mit Wolle gerieben entschieden negativ elektrisch, obwohl schwächer als Schwefel.

*) Die Nickellegirungen verdanke ich Herrn Ober-Bergrath *Frick*, und die Wootze Herrn Geheimen Ober-Finanzrath *Beuth*.

[325] 43. Alle Arten von Roheisen nehmen eine höhere Stelle in der magnetischen Metallreihe ein als das Stabeisen. Aber nicht alle Flächen der Bruchstücke eines Roheisenflosses verhalten sich gleich in der Wirkung; man findet deshalb ein und dasselbe Stück an mehr als einer Stelle der magnetischen Reihe, wie aus der folgenden Tabelle zu ersehen, wo die Roheisen nach dem Verhalten der genannten Flächen in der Berührung mit dem warmen Ende der Metallbogen geordnet sind*).

Wismuth	
Nickel	
	Roheisen Nr. 1, von Geislautern im Saarbrückischen, alle Flächen.
Platina Nr. 1	
Gold Nr. 1	
Kupfer Nr. 1	
Messing Nr. 2	
	Roheisen Nr. 2, aus dem Siegenschen, die Bruchflächen und die untere Fläche.
	Roheisen Nr. 3, von Mariazell in Steyermark, die Bruchflächen.
	Roheisen Nr. 4, eine gegossene Stange.
Blei	
Zinn	
Kupfer Nr. 2	
Gold Nr. 2	
Silber	
Zink	
	Roheisen Nr. 2, die obere Fläche.
	Roheisen Nr. 3, die obere und untere Fläche.
[326]	Roheisen Nr. 5, von Vordernberg in Steyermark, alle Flächen.
Stahl	Rohstahl aus Steyermark.
	Dreimal raffinirter Stahl aus Steyermark.
	Englischer Gussstahl.
	Gussstahl von Herrn *Fischer* in Schaffhausen.
	Cementstahl aus Schlesien.
Stabeisen	
Antimon	

*) Diese Tabelle wurde der Academie am 11. Februar 1822 vorgelegt.

Nach der Angabe von Herrn *Karsten*, welcher die Güte hatte, mich mit jenen Roheisen zu versehen, ist Nr. 1 von Geislautern im Saarbrückischen, ein graues, durch Schmelzung mit Eisenoxyd weiss gemachtes Roheisen, welches sich von den übrigen Eisensorten noch dadurch unterscheidet, dass es viel Silicium enthält. Zu bemerken ist noch, dass dies Roheisen das einzige ist, welches mit den nickelhaltigen Meteoreisen eine gleich hohe Stelle in der Reihe einnimmt.

Das Roheisen Nr. 2 ist sogenanntes Spiegeleisen von der Lohhütte bei Müsen im Siegenschen, es hatte grosse Spiegelflächen und eine deutliche krystallinische Structur. Die obere Fläche desselben, welche während des Glühens der Einwirkung der Luft ausgesetzt gewesen, war dem gefrischten Zustande näher gebracht. Nachdem ein Theil dieser oberen Rinde abgeschliffen worden, zeigte die davon entblösste Stelle mit allen Metallen ganz dieselbe Wirkung wie die Bruchflächen und die untere Fläche, woraus sich zugleich ergiebt, dass alle Theile der Eisenkrystalle gleich wirken. Dies Eisen war auf Schlacken, also auf einen trockenen Herd, abgelassen worden.

Das Roheisen Nr. 3 ist ein graues, ins weisse übergehendes, sogenanntes schwach halbirtes Roheisen. Die obere Fläche desselben war durch Einwirkung der Luft, die untere Fläche aber wahrscheinlich durch Wasserdämpfe dem gefrischten Zustande näher gebracht; denn dieses Roheisen war auf feuchten Sand gegossen worden. Nr. 4 gehört zu den weichen grauen Roheisen.

Das Roheisen Nr. 5 von Vordernberg in Steyermark ist ein in luckigen Flossen erzeugtes weisses Roheisen, und kommt dem [327] gefrischten Zustande von allen am nächsten. Wir finden dieses Eisen, so wie das durch äussere Einwirkung entkohltere an einigen Flächen von Nr. 2 und 3 am tiefsten in der magnetischen Reihe; es scheint also auch aus der Stellung jener verschiedenen Roheisen gegen einander, nicht minder wie aus der des Stahls gegen Stabeisen zu folgen, dass die an Kohle reicheren Eisensorten eine höhere Stelle, die an Kohle ärmeren eine tiefere Stelle in der magnetischen Reihe einnehmen*).

*) Den von Herrn *Karsten* in diesem Bande der Denkschriften S. 49—82 mitgetheilten Untersuchungen über den Kohlegehalt verschiedener Eisensorten zu Folge, bleibt dieser Satz nur noch für

Die in dieser Tabelle angeführten Stahlsorten wichen in ihrem magnetischen Verhalten nicht merklich von einander ab und nahmen sämmtlich ihre Stelle unter dem am tiefsten in der Reihe stehenden Roheisen.

44. In der Erregung des Magnetismus zeigten die dehnbaren und streckbaren Metalle, namentlich Gold Nr. 1 und Nr. 2, Silber, Kupfer Nr. 2, Zinn, Blei und Zink ein gleiches Verhalten, sie mochten in dem Zustande, wie sie vom Guss kamen, oder nachdem sie durch Hämmern und Walzen zu einem dichteren Gefüge gebracht worden, mit einander oder mit den übrigen Metallen verbunden sein; in beiden Fällen nahmen sie die § 31 angegebenen Stellen in der magnetischen Reihe ein.

Anders verhielten sich diejenigen metallischen Körper, welche durch verschiedene Art der Abkühlung, durch langsame oder plötzliche [328] Erstarrung in entgegengesetzte Zustände von Sprödigkeit und Dehnbarkeit versetzt werden*).

Stahl, welcher glühend in kaltem Wasser abgelöscht worden, nahm jedesmal eine höhere Stelle in der magnetischen Reihe ein, als der langsam an der Luft abgekühlte. Weiches graues Roheisen auf dieselbe Art behandelt, zeigte ein gleiches Verhalten. Beide Körper konnten durch die entgegengesetzte Art der Abkühlung mehrmals nach ein-

---

die weissen Roheisen, den Stahl und das Stabeisen gültig, ist aber nicht anwendbar auf das graue Roheisen. Denn es enthält zwar das hoch in der Reihe stehende weisse Loher Roheisen 5,13 Procent (s. oben S. 78) und das dem Stahl nahe stehende weisse luckige Roheisen von Vordernberg nur 3,25 Procent Kohle (s. oben S. 81); — aber das graue Roheisen von Malapane in Schlesien, welches laut der Angabe § 79 der erwähnten Abhandlung, 3,9 Procent Kohle enthält, steht, wie ich später gefunden habe, an derselben Stelle mit dem Loher Spiegeleisen (zwischen Messing Nr. 2 und Blei); ja ein graues Roheisen von Brosely in England, welches nach Herrn *Karsten* nur 2,8 Procent Kohle enthält, stellte sich noch höher in der Reihe, nämlich zwischen Platina Nr. 1 und Gold Nr. 1. Da nun die Kohle sich im grauen Roheisen, wie Herr *Karsten* gezeigt hat, in einem andern Zustande als im weissen Roheisen befindet, so folgt aus den eben angeführten Thatsachen, dass nicht allein die Menge der Kohle im Eisen, sondern auch der Zustand der Verbindung des Eisens mit der Kohle auf die Stellung desselben in der magnetischen Reihe Einfluss hat.

*) Die folgenden, in diesem § angeführten Versuche wurden nach der Vorlesung vom Februar, doch noch in der ersten Hälfte des Jahres 1822 angestellt.

ander bald in die höhere, bald in die tiefere Stelle der Reihe versetzt werden.

Ein Alliage von acht und siebzig Theilen Kupfer und zwei und zwanzig Theilen Zinn, welches (*d'Arcet's* Entdeckung zu Folge) an der Luft langsam abgekühlt, spröde ist, und nach plötzlichem Erkalten im Wasser, unter dem Hammer streckbar wird; — nimmt nach der langsamen Abkühlung eine höhere und nach der jähen Abkühlung eine tiefere Stelle in der Reihe ein. Auch dies Alliage konnte durch das angegebene Verfahren mehrmals nach einander wechselsweise höher und tiefer in der Reihe gestellt werden*).

Alle drei Körper, das graue Roheisen, der Stahl und das ebengenannte Alliage verhalten sich also darin einander gleich, dass sie im harten und spröderen Zustande höher, im weichen und dehnbaren tiefer in der magnetischen Reihe zu stehen kommen, — worüber die folgende Tabelle noch speciellere Auskunft giebt**).

[329]

Künstlich hergestellte Metalle	Langsam abgekühlt	Jähe abgekühlt
Wismuth Nickel Platina Nr. 1		Graues Roheisen.

*) Ich bemerke noch, dass das Alliage bei diesen Versuchen nur bis zum schwachen Rothglühen erhitzt wurde. — Auf dem Bruche erscheinen die langsam abgekühlten Stücke [welche dem Zinn in der magnetischen Reihe nahe stehen] feinkörnig und gräulichweiss, — die plötzlich in kaltem Wasser abgelöschten [welche dem Kupfer Nr. 2 in der Wirkung nahe kommen] grobkörnig und tombakbraun; — angefeilt aber haben beide eine ganz gleiche speisgelbe Farbe. In der Bestimmung der magnetischen Polarisation verhalten sich die angefeilten Flächen den Bruchflächen gleich, doch zeigt sich in der Stärke der Wirkung dieser Flächen eine Verschiedenheit, bei schwacher Erwärmung der Kettenglieder.

**) Die doppelte Stellung, welche *Fischer's* gelber Stahl in der Reihe einnimmt (s. den vorhergehenden §), scheint auch eine Folge der ungleichen Abkühlung seiner beiden Enden zu sein. Das eine Ende, und zwar das in der Reihe höher stehende, war entschieden härter als das andere.

Künstlich hergestellte Metalle	Langsam abgekühlt	Jähe abgekühlt
Gold Nr. 1		
Kupfer Nr. 1		
Messing Nr. 1		
	Graues Roheisen.	
Blei		
Zinn		
	Alliage von 78 Th. Kupfer und 22 Th. Zinn.	
Platina Nr. 3		
		Stahl.
Kupfer Nr. 2		
		Alliage von 78 Th. Kupfer und 22 Th. Zinn.
Gold Nr. 2		
Silber		
Zink		
	Stahl.	
Stabeisen		
Antimon		

Verschiedene andere Metalle und Metallmischungen, welche einer gleichen Behandlung wie die eben genannten unterworfen wurden, erlitten keine Veränderung in ihrem magnetischen Verhalten; namentlich wurden folgende sowohl nach jäher Erstarrung und Abkühlung, als nach langsamer Abkühlung an derselben Stelle in der magnetischen Reihe gefunden.

Stabeisen	Nickel
Platina Nr. 1	Platina Nr. 4
Kupfer Nr. 2	Gold Nr. 2.

[330] Silber

Alliage von 3 Th. Kupfer u. 1 Th. Wismuth
- - 1 - Kupfer u. 3 Th. Antimon
- - 1 - Kupfer u. 1 Th. Antimon
- - 3 - Kupfer u. 1 Th. Antimon
- - 1 - Wismuth u. 1 Th. Zinn.

45. Schon bei den ersten, oben § 12—17 erwähnten Versuchen war bemerkt worden, dass Metalle, welche für homogen zu halten waren, eben so wohl einer magnetischen Polarisation durch Temperaturdifferenz fähig seien, wie die kreisförmig verbundenen heterogenen Metalle.

Die in unserer Tabelle § 31 angeführten Platina-, Gold- und Kupfersorten wurden nicht bloss magnetisch, wenn ihrer zwei von gleichnamiger Art in Form von Stangen oder Blechstreifen mit einander verbunden waren, wo dann schon eine mässige Erwärmung eines der Berührungspunkte eine nicht unbeträchtliche Polarität erregte; sondern die meisten dieser Metalle wurden auch dann noch magnetisch polar, als sie nur einfache und durchaus gleichartige Kreise bildeten, und ein Theil derselben in der Temperatur erhöht oder erniedrigt wurde. Ein gleiches Verhalten zeigten mehrere andere Metalle, von denen einige zu den homogensten gezählt werden müssten, die überhaupt zu diesen Versuchen angewendet worden. Alle einfachen Kreise erforderten jedoch, um in gleichen magnetischen Zustand mit den aus zwei Sorten eines Metalls zusammengesetzten Ketten versetzt zu werden, eine bedeutend stärkere partielle Temperaturerhöhung als diese.

Die magnetische Polarität wurde in den einfachen Metallkreisen am stärksten gefunden, wenn ein Theil derselben sich im fliessenden und glühenden Zustande befand, und wenn die Enden des die Boussole umschliessenden gleichartigen Metallbogens wechselsweise in den fliessenden Theil eingetaucht wurden; oder wenn das eine Ende eines nicht oxydirbaren Metallbogens glühend mit dem andern kalten Ende desselben in Berührung gebracht wurde.

Durch Cupellation gereinigtes Silber zeigte bei diesem Verfahren folgendes Verhalten. Wurde das untere Ende des die Boussole umschliessenden Silberbogens in das in Süden stehende, fliessende, gleichartige [**331**] Metall getaucht, das obere Ende nachher, so erfolgte eine östliche Declination der Magnetnadel; wurde hingegen das obere Ende zuerst, das untere zuletzt eingetaucht, so war die Declination westlich. Vollkommen in Ruhe blieb aber die Nadel, wenn die beiden kalten Enden des Bogens zugleich in das fliessende Metall eingetaucht wurden. Eine gleiche, obwohl schwächere Wirkung auf die Magnetnadel fand auch dann noch statt, als das Silber im Tiegel bereits erstarrt war, und aufgehört hatte zu glühen, wofern nur das eine

Ende des Bügels längere Zeit mit jenem in Berührung blieb als das andere.

Ein gleiches Verhalten, wie das Silber, zeigte, bei gleicher Lage der Theile, fliessendes Zink mit einem Bogen desselben Zinks.

Auch Gold Nr. 2 wurde in der Art seiner Polarisation den beiden vorhergehenden Metallen gleich befunden. Denn wenn die Enden eines Bogens von diesem Golde gegen Süden lagen, und das untere Ende geglüht wurde, so erfolgte bei Berührung desselben mit dem oberen kalten Ende eine östliche Declination der Magnetnadel innerhalb des Bogens; wurde aber das obere Ende geglüht, so erfolgte bei Berührung desselben mit dem kalten unteren Ende eine westliche Declination.

Ein entgegengesetztes Verhalten zeigte Platina Nr. 1. Hier war die Declination der Magnetnadel innerhalb des Bogens, in der eben erwähnten Lage desselben, westlich, wenn das untere Ende glühend, das obere Ende kalt war; östlich dagegen, wenn das obere Ende glühend und das untere kalt war.

Dieser Platina gleich verhielten sich Kupfer Nr. 1, Kupfer Nr. 2, Messing Nr. 2. Befand eines von diesen sich in einem Tiegel im Fluss, und wurde es mit dem unteren Ende eines gleichen Metallbogens zuerst, mit dem oberen zuletzt und nur momentan in Berührung gebracht, so erfolgte eine westliche Declination, welche schwächer auch dann noch stattfand, als das Glühen jener Metalle aufgehört hatte.

Die meisten der übrigen als einfache Bogen angewendeten Metalle stellten sich, bei ähnlicher Behandlung, entweder auf die Seite des Silbers oder der Platina; nur einige wenige machten Ausnahmen, und blieben in allen Graden der Temperaturdifferenz unmagnetisch.

[**332**] Blei namentlich und Zinn zeigten in Form von einfachen Bogen, auch unter den scheinbar günstigsten Bedingungen, keine Wirkung auf die Magnetnadel. Diese blieb vollkommen in Ruhe, sie mochte sich nun innerhalb eines einfachen Bogens oder einer Spirale von reinem englischen Zinn befinden, an deren Enden Stangen desselben Zinnes befestigt waren, welche eine nach der andern in gleichartiges fliessendes, ja selbst glühendes Zinn getaucht wurden. Eben so wenig erfolgte eine Declination bei der unmittelbaren

Berührung der beiden Stangen, wie gross oder wie gering auch die Temperaturdifferenz derselben sein mochte. Ein gleiches Verhalten zeigte Blei, das käufliche sowohl als das gereinigte.

Eine deutliche, ja sogar eine ziemlich lebhafte Declination der Magnetnadel fand hingegen statt, wenn die Enden des die Boussole umgebenden Zinnes in fliessendes Blei, oder wenn die Enden eines Bogens von Blei in fliessendes Zinn auf die mehrmals erwähnte Weise getaucht wurden.

In der folgenden Tabelle habe ich die Declination der Magnetnadeln innerhalb der einfachen Kreise von allen Metallen angegeben, welche bei den vorhergehenden Untersuchungen und Reihenbestimmungen als Bogen angewendet wurden, und es ist hierbei angenommen worden, dass die Enden der Bogen sich in Süden befinden, und dass das obere Ende das heissere sei.

Man findet hier einige Metalle, welche entweder wegen ihrer Sprödigkeit (wie Wismuth und Antimon) oder wegen ihrer die Beweglichkeit der Magnetnadel hemmenden Wirkung (wie Eisen, Stahl und Nickel) nicht wohl als einfache Bogen anzuwenden waren. Von diesen waren Stangen und Blechstreifen, von mindestens einem Fuss Länge, an Spiralen oder Blechstreifen von solchen dehnbaren Metallen befestigt, welche mit jenen nur schwach magnetisch werden; und es war sowohl bei diesen Versuchen als bei den zur Reihenbestimmung unternommenen die Vorsicht beobachtet worden, die Enden jener Stangen entweder nur mässig, oder nur momentan stark zu erhitzen, auch war nicht eher zu einem zweiten Versuch geschritten worden, als bis diese sich gänzlich abgekühlt hatten, damit jede aus der Temperaturveränderung [**333**] am Berührungspunkte der beiden den Bogen bildenden Metalle zu befürchtende Störung vermieden werde*).

---

*) Die in diesem § angeführten Beobachtungen und Versuche wurden schon in den Vorlesungen vom 16. August und 18. October 1821 angeführt. Die folgende vollständige Tabelle wurde aber (mit Ausnahme der mit Sternchen bezeichneten Körper) der Academie am 11. Februar 1822 vorgelegt.

Einfache Metallbogen	Declination der Magnetnadel innerhalb derselben
1) Wismuth	schwach östlich.
2) Nickel	ziemlich lebhaft östlich.
3) Legirung* von { Kupfer 2 Th. Nickel 1 - }	sehr schwach östlich.
4) Palladium*	stärker östlich.
5) Platina Nr. 1	- östlich.
7) Kupfer Nr. 0*	ungleich, östlich sowohl als westlich.
11) Gold Nr. 1	zuerst östlich, stärker erhitzt, westlich.
12) Kupfer Nr. 1	- östlich.
13) Messing Nr. 2	zuerst östlich, stärker erhitzt, westlich.
16) Blei	Null.
17) Zinn	Null.
18) Platina Nr. 3	sehr schwach östlich.
21) Kupfer Nr. 2	stärker östlich.
24) Gold Nr. 2	- westlich.
25) Silber	- westlich.
26) Zink	- westlich.
29) Platina Nr. 4*	Null.
30) Cadmium*	stärker westlich.
31) Stahl	schwach westlich.
32) Stabeisen	- westlich.
34) Antimon	ungl., in einigen westlich, in andern östlich.

Giebt man allen diesen einfachen Kreisen eine gleiche Stellung, so findet man, wenn der *n* Pol derselben (— *m*) gegen Norden (+ *M*) [**334**] gerichtet ist, und der Berührungspunkt der beiden in der Temperatur verschiedenen Enden sich unten befindet, an den meisten der zur obern Hälfte unserer magnetischen Reihe gehörenden Metalle (welche wir östliche genannt haben) das kalte Ende in Westen und das heisse in Osten (z. B. Platina Nr. 1, Fig. 18), dagegen in den meisten der zur unteren (westlichen) Hälfte der Reihe gehörenden Metalle, das heisse Ende in Westen und das kalte in Osten (z. B. im Silber Fig. 19).

Die magnetische Polarisation jener Bogen von Platina Nr. 1 und von Silber, desgleichen von Gold Nr. 2 und Palladium*, (welche Metalle sämmtlich zu den dem chemisch

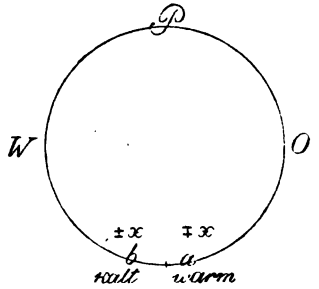


Fig. 18.

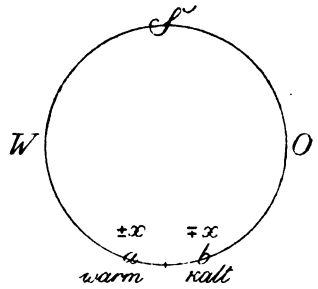


Fig. 19.

reinen Zustande am nächsten kommenden gehörten), wurde von der ersten sich wirksam zeigenden Temperaturdifferenz an, bis zu der, wo ein Theil der Metalle sich im glühenden oder fliessenden Zustande befand, immer der Richtung nach gleich gefunden. Völlig gleichgültig war es auch, welches Ende der einfachen Bogen von diesen Metallen erwärmt wurde; immer befand sich die Lage des heissen Endes zum kalten, nach der Schliessung, bei gleicher Richtung der Pole, wie oben angeführt worden.

In diesen homogenen Metallbogen wird also die zur Erregung des Magnetismus erforderliche Heterogenität durch die partielle Temperaturveränderung erst gesetzt, und dasselbe geschieht auch in den übrigen, jenen im magnetischen Verhalten gleich kommenden, wenn auch in der Reinheit nachstehenden Metallen, in der Art, dass die obern (oder östlichen) Metalle unserer Reihe im heissen Zustande eine höhere, im kalten eine tiefere Stelle in der Reihe erhalten; und dass die untern (oder westlichen) Metalle der Reihe im heissen Zustande eine tiefere Stelle als im kalten einnehmen. Heisser Wismuth ist also das östlichste und heisses Tellur das westlichste Metall der magnetischen Reihe.

Dem Verhalten der Mehrzahl der einfachen Kreise zufolge, theilt sich also unsere magnetische Metallreihe in zwei einander bis zu dem Grade entgegengesetzte Hälften, dass in

Beziehung auf Erregung des Magnetismus Erkältung in der einen Hälfte gleichen Werth hat mit der Erwärmung in der andern, wie sich auch schon aus der Ansicht der beiden Kreise Fig. 18 und 19 ergiebt.

[335] Unter den in der vorstehenden Tabelle angeführten Körpern, welche eine ungleiche oder veränderliche magnetische Polarität zeigten, befindet sich eine Legirung und drei Metalle, von denen zwei entschieden eine fremdartige Beimischung enthalten. In den beiden veränderlich gefundenen Metallbogen, von Gold Nr. 1 und Messing Nr. 2 schien die Mischung der Bestandtheile sehr gleichförmig zu sein; denn beide Enden derselben verhielten sich auf den beiden eine entgegengesetzte Polarität bewirkenden Stufen der Temperatur-Differenz ziemlich gleich. — In den andern beiden ein ungleiches Verhalten zeigenden Metallen, dem Kupfer Nr. 0 und dem Antimon, war eine bleibende Verschiedenheit der beiden Enden der Bogen die Ursache ihrer zwiefachen magnetischen Polarisation, wie sich daraus ergab, dass die Declination der Magnetnadel schon bei den ersten Graden der Temperatur-Differenz der beiden Enden entgegengesetzt ausfiel, je nachdem das eine oder das andere Ende das obere und zugleich das heissere war. Zwei Streifen des Kupfers Nr. 0* zeigten ein gleiches Verhalten bei gleicher Lage ihrer in der Temperatur verschiedenen Theile. Gegen die zunächst stehenden Metalle (Platina Nr. 1 und Gold Nr. 1) verhielten sich jedoch beide Enden dieser Bogen bei den ersten Graden der Temperaturerhöhung eines der Berührungspunkte immer gleich. Die beiden Enden eines Bogens von diesem Kupfer verhielten sich also gegen einander wie zwei Metalle von geringer Heterogenität, welche jedoch beträchtlich genug war, bei gleichzeitiger Erwärmung beider Enden eine schwache magnetische Polarität zu setzen; eine Erscheinung, welche bei den oben erwähnten homogenen Metallen nicht statt fand, wo vielmehr die magnetische Polarität der einfachen Kreise in dem Verhältnisse abnahm, als die beiden sich berührenden Enden einander in Temperatur näher kamen. — In einigen der aus Antimonstangen zusammengesetzten Bogen erfolgte bei gleicher Lage ihrer in der Temperatur verschiedenen Theile, immer eine westliche, in andern immer eine östliche Declination; selten jedoch verhielten sich die vier Enden der mit einander verbundenen Stangen in der Wirkung gleich. Meistens wurden drei Enden eines solchen

Stangenpaares dem vierten, oder zwei Enden den beiden andern, bei der, nach mässiger Erwärmung, erfolgenden Schliessung des Kreises, entgegengesetzt wirkend gefunden. Gegen die dem Antimon [**336**] in der magnetischen Reihe zunächst stehenden Metalle Tellur und Arsenik, verhielten sich alle jene verschiedenen Antimonstangen, mit allen Enden gleich.

46. Nach der Erfahrung, dass auch einfache und vor der Temperaturveränderung geschlossene Kreise von solchen Metallen, welche gleich den zuletzt erwähnten Stäben von Antimon ungleiche, wenn auch nur wenig von einander verschiedene Theile enthalten, einer magnetischen Polarisation fähig seien, war es nun eine in mehr als einer Beziehung wichtige Aufgabe, zu erforschen, ob wohl in Ringen, welche aus Antimon, und andern ihm ähnlichen Metallen, in einem Gusse verfertigt worden, durch irgend eine äussere Einwirkung eine so beträchtliche Verschiedenheit der Theile gesetzt werden möchte, als zur magnetischen Polarisation dieser Ringe erforderlich sein könnte.

Die Resultate mehrerer in dieser Beziehung unternommenen Versuche mit in Sandformen gegossenen Ringen und rectangulären Rahmen vom besten hier im Handel vorkommenden Antimon fielen bejahend aus; alle diese Körper zeigten eine schwache doch deutliche magnetische Polarität, welche jedoch bei Erwärmung gewisser Stellen am stärksten, bei Erwärmung anderer am schwächsten war, oder auch wohl gänzlich fehlte. So z. B. wurde die Polarität in einem einen halben Zoll dicken und sechs Zoll im Durchmesser haltenden Ringe von Antimon am stärksten gefunden, wenn einer der beiden Punkte *a* oder *b* Fig. 20 allein erwärmt wurde; es war aber keine Polarität an demselben zu bemerken, wenn einer der Punkte *c* oder *d* erwärmt wurde. Bei Erwärmung eines zwischen *a* und *b* liegenden Punktes war die magnetische Polarisation verhältnissmässig um so stärker, je näher er *a* oder *b*, und um so schwächer je näher er *c* oder *d* lag. Bei gleichzeitiger und gleich starker Erwärmung

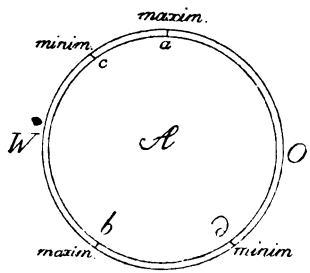


Fig. 20.

von *a* und *b* blieb der Ring unmagnetisch wie vorher, als die Temperatur desselben überall gleich war. — Die beiden Punkte *a* und *b* hatten also in Beziehung auf die magnetische Polarisation des Ringes gleichen Werth mit den Berührungspunkten der heterogenen Metalle in unsern zweigliedrigen Ketten, woraus zugleich hervorgeht, dass dieser scheinbar homogene Ring nicht etwa nur einzelne und zerstreut liegende heterogene Theile enthielt, sondern dass er aus zwei ungleichen, einander entgegengesetzten Hälften bestand. Dies bestätigen [**337**] auch die übrigen Versuche, aus denen noch die bestimmtere Angabe hervorging, dass die Hälfte *acb* dieses Ringes sich als westliches Metall und die Hälfte *adb* als östliches Metall verhalte, jene also tiefer, diese höher in unserer magnetischen Reihe zu stellen sei. Denn wenn einer der Punkte *a* oder *b* unten stehend erwärmt, und der Ring mit seinem *n* Pol nach Norden gerichtet wurde, so stand die Hälfte *acb* Fig. 20 in Westen und *adb* in Osten. — Die fehlende magnetische Polarisation bei Erwärmung der Punkte *c* und *d* zeigt an, dass die Wärmeleitung von ihnen nach *a* und *b* hin gleich sei, wodurch sie sich denn als Indifferenzpunkte in Beziehung auf die Erregung des Magnetismus verhalten.

In einem andern Ringe von Antimon hatten jene vier Hauptpunkte eine andere Lage gegen einander und gegen die Eingussstelle, welche sich in dem vorigen Ringe in *a* befand. Auch in keinem der rectangulären Rahmen war die Lage jener Punkte der in den andern völlig gleich; doch alle diese Körper bestanden aus zwei einander entgegengesetzten, obwohl meistens ungleichen Hälften.

Die aus Wismuthstangen zusammengesetzten, in der Tabelle angeführten Bogen hatten bei der Schliessung sämmtlich eine gleiche Wirkung gezeigt. Hiernach zu urtheilen, war also nur eine geringe Verschiedenheit der Theile in massiven gegossenen Ringen und Rahmen dieses Metalls zu erwarten. Mehrere Versuche, welche mit solchen aus käuflichem Wismuth bereiteten Körpern angestellt wurden, erwiesen jedoch, dass die in denselben beim Guss sich bildende Heterogenität beträchtlich genug sei, um unter gleichen äusseren Bedingungen eine nicht minder deutliche magnetische Polarität als in den gleichgestalteten Körpern von Antimon zu begründen. In einem der Ringe von Wismuth lagen die beiden die stärkste Polarität erregenden Punkte *a* und *b*

Fig. 21 einander beinahe diametral gegenüber, und fast in gleichem Abstande von der Eingussstelle *g*. Die Hälfte *acb* verhielt sich als westliches und *adb* als östliches Metall.

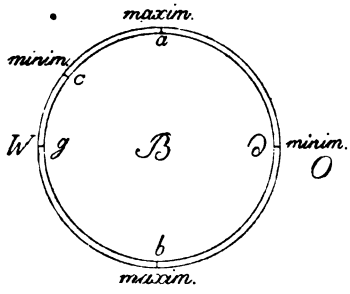


Fig. 21.

Die zur magnetischen Polarisation dieser Apparate erforderliche Heterogenität der Theile konnte aus einer während des Gusses sich bildenden ungleichen, doch regelmässigen Vertheilung der der Hauptmasse entweder ursprünglich beigemischten, oder während der Bearbeitung [338] erst hinzugekommenen fremdartigen Körper erklärt werden. Hiernach konnte man eine stärkere magnetische Polarität, als in den bisher angewandten einfachen Ringen, in ähnlichen, aus einigen der oben genannten Alliagen verfertigten, Apparaten erwarten. Ein Versuch mit einem, aus einer Mischung von acht Theilen Antimon und drei Theilen Zinn gegossenen, rectangulären Rahmen gab ein dieser Ansicht günstiges Resultat. Denn wenn die Declination der Magnetnadel in Rahmen von Antimon, welche mit jenem gleiche Grösse hatten, und gleich stark erwärmt wurden, höchstens 2 bis 3 Grade betrug, so stieg sie in dem Rahmen vom Alliage, bei Erwärmung gewisser Stellen, bis auf 10°, während sie bei Erwärmung anderer Stellen auch hier Null blieb.

Ein entgegengesetztes Verhalten zeigten andere Alliagen. So z. B. war in gegossenen Rahmen von Messing nicht eine Spur von magnetischer Polarität, bei Erwärmung einzelner Teile derselben, zu bemerken. In den dehnbaren und strengflüssigen Alliagen scheint sich überhaupt nicht so leicht die zur magnetischen Polarisation solcher gegossenen Ringe geforderte Heterogenität zu bilden, als in den spröderen und leichtflüssigeren Alliagen.

An den vor der Temperaturveränderung geschlossenen einfachen Kreisen von den reinsten der dehnbaren Metalle, wie z. B. von Platina Nr. 1, Gold Nr. 2, Silber und Kupfer Nr. 2, habe ich eben so wenig eine magnetische Polarität entdecken können, als in jenem Rahmen von Messing, es mochten nun die sich berührenden Enden jener

Metalle oder irgend eine andere Stelle erwärmt werden. So war es auch nach allen im vorhergehenden Paragraphen angeführten Thatsachen zu erwarten, und die mit geschlossenen Kreisen angestellten Versuche bestätigen also, dass keine bleibende, sondern nur eine durch die Ungleichheit der Temperatur an den Enden der Bogen von diesen Metallen erst gesetzte und vorübergehende Heterogenität die Ursache der bei der Schliessung zum Kreise eintretenden schwachen magnetischen Polarisation sei *).

---

*) Alle in diesem § angeführten Versuche wurden der Academie am 16. August und 18. October 1821 vorgelegt. — Als später der Ring von Antimon (Fig. 20) zerbrochen wurde, so fand sich, dass die beiden Hälften desselben, welche sich als heterogene Theile gegen einander verhalten hatten, in der krystallinischen Structur verschieden waren. Die Hälfte, welche wir die östliche nennen, hatte ein feinkörniges krystallinisches Gefüge, die westliche Hälfte dagegen war sternförmig krystallisirt. Diese Verschiedenheit der Krystallisation ist eine Folge der ungleichen Art der Abkühlung des Metalls. Beim Giessen der Ringe wird nämlich der Theil der Form, durch welche das Metall zuerst fliesst, heisser als der übrige Theil, es erhält sich also in jenem länger flüssig und krystallisirt langsamer als in dem kälteren Theil, wo das Metall, schon abgekühlt ankommend, plötzlich erstarrt, und dadurch ein feinkörniges, unregelmässiges Gefüge annimmt. Alle in kalten Formen (zumal in eisernen) gegossene Stangen von Antimon wurden entweder der ganzen Länge nach, oder doch an dem untern Ende feinkörnig krystallisirt gefunden; die obern Theile von diesen (unter dem Einguss), und die in erwärmten Formen gegossenen Stangen waren dagegen sternförmig, d. h. in Strahlen, welche von der äusseren Fläche gegen die Mitte zu angeschossen waren, krystallisirt.

Das Verhalten der einzelnen Theile eines Paares solcher kreisförmig mit einander verbundenen Stangen von Antimon, deren obere Enden von den untern verschieden waren, entsprach dem Verhalten der beiden Theile jenes Ringes von Antimon, wenn das untere Ende der einen Stange mit dem obern Ende der andern in Berührung gebracht wurde. Welches dieser beiden Enden auch das wärmere war, immer stand das untere (also feinkörnig krystallisirte) Ende in Osten, das obere (sternförmig krystallisirte) in Westen, wenn der warme Berührungspunkt sich unten befand und die Kette mit ihrem *n* Pol gegen Norden gerichtet war. Wurden hingegen die gleichartigen Enden jener Stangen mit einander in Berührung gebracht, so fanden zwei verschiedene Polarisationen statt. Waren es die Enden aus dem unteren Theil der Form, welche sich in einem verschiedenen Temperatur-Zustande befanden, so stellte sich jedesmal das wärmere in Osten, das kältere in Westen. Waren dagegen die beiden Enden aus dem oberen Theile der Form in ungleichem Temperatur-Zustande, so stellte

[339] 47.* Die erste Bedingung zur Erzeugung eines freien Magnetismus in den einfachen homogenen Metallbogen ist ohne Zweifel die am Berührungspunkte der Enden derselben beginnende Aufhebung [340] eines durch Temperatur-Verschiedenheit an diesen Enden hervorgerufenen Gegensatzes, nebst dem Widerstand, den jeder von diesen beiden, sich in entgegengesetzten Zuständen befindenden Theilen dem andern leistet, welcher ihn aus seinem einmal erlangten Zustand plötzlich herauszureissen strebt.

Wird ein Metallbogen an dem einen Ende a erwärmt, so wird er dadurch in einen Zustand versetzt, welchen wir mit $\mp x$ bezeichnen wollen. In der Richtung, in welcher die Wärme sich durch die übrigen kälteren Theile des Bogens verbreitet, setzt sie überall jenen $\mp x$ Zustand, und in der entgegengesetzten Richtung, d. h. in der, in welcher die Erkältung des heissesten Theiles erfolgt, oder in welcher die Kälte sich vom anderen Ende b des Bogens fortpflanzt, wird in dem Körper $\pm x$ gesetzt. Die Wärmeleitung in diesen Körpern ist also nach der einen Seite zu ein Erwärmungs- und nach der entgegengesetzten Seite zu ein Erkältungsact, und es befindet sich der noch offene Bogen an jedem Punkte in der Richtung der Längendimension nach der einen Seite zu in einem $\mp x$ und nach der andern Seite zu in einem $\pm x$ Zustande, doch ist das Verhältniss dieser $\mp x$ und $\pm x$ Zustände in jedem Theile ein anderes.

War nun am Ende a $\mp x$ und an b $\pm x$ überwiegend, und dort (in dem noch offenen Bogen) der Uebergang in den

---

sich das kältere Ende in Osten, das wärmere in Westen. — Gegen die beiden dem Antimon in der Reihe am nächsten stehenden Metalle, den Arsenik und Tellur verhielten sich jene beiden Antimonstangen, wie sie auch verbunden sein mochten, mit beiden Enden gleich; immer wurde Arsenik gegen sie als östliches, und Tellur als westliches Metall gefunden. Auch die Bruchstücke vom Antimonringe zeigten mit allen Flächen gegen Eisen ein gleiches Verhalten.

Eine solche Verschiedenheit in der krystallinischen Structur wie am Antimon, war am Wismuth nicht zu bemerken, selbst an dem Ringe nicht, dessen beide Hälften sich entschieden als heterogene Körper gegen einander verhalten hatten. Die ganze Masse desselben war überall sternförmig krystallisirt, und dies ziemlich gleichförmig. — Auch an dem Alliage von Antimon mit Zink war auf dem Bruche keine bedeutende Verschiedenheit wahrzunehmen; die Krystallisation desselben war überall ziemlich gleich feinkörnig.

$\pm x$, und hier der Uebergang in den $\mp x$ Zustand am schwächsten gewesen; so wird dadurch, dass a und b (nachdem sie aus der Wärme- oder Kälte-Quelle entfernt worden) mit einander in Berührung gebracht werden, der schon begonnene Uebergang von a in den $\pm x$ und von b in den $\mp x$ Zustand plötzlich beschleunigt, und die Wärme wird, sich von a aus nach zwei entgegengesetzten Richtungen hin ausbreitend, aber einen ungleichen Widerstand findend, so wie die Kälte sich von b aus nach entgegengesetzten Richtungen fortpflanzend, und gleichfalls ungleichen Widerstand findend, in dem ganzen geschlossenen Kreise eine Spannung seines $\mp x$ und $\pm x$ Zustandes bewirken, welche um so stärker ist, je grösser die Differenz der $\mp x$ und $\pm x$ Zustände von a und b ist, je grösser also auch der Widerstand ist, den a der Einwirkung von b, und b der Einwirkung von a entgegengesetzt, indem das erstere in einem höheren $\mp x$ Zustande und b in einem höheren $\pm x$ Zustande zu beharren und langsamer in [**341**] die entgegengesetzten Zustände von $\pm$ und $\mp x$ überzugehen strebt, als jedes von beiden durch das andere überzugehen angeregt wird. — Wie nun an diesem, von dem Berührungspunkte ausgehenden, und hier am stärksten bestehenden Kampfe alle Theile des Kreises Antheil zu nehmen genöthigt sind, so ist es die allgemeine Spannung, in welche der ganze Kreis hierdurch versetzt wird, und die oscillirende Bewegung, durch welche das Gleichgewicht des $\mp x$ und $\pm x$ Zustandes in allen Theilen des Kreises sich herstellt, aus welchen die magnetische Polarisation desselben hervorgeht.

Einen je grösseren Umfang der Kreis erhält, desto schwächer wird die durch die Action an dem Berührungspunkte der beiden Enden erregte allgemeine Spannung im $\mp$ und $\pm x$ Zustande des Kreises werden müssen. Ein einfacher Metallkreis von grösserem Umfange wird also zur Verstärkung seiner magnetischen Polarisation in mehrere an den Enden in der Temperatur verschiedene Theile zerlegt, und so wieder zusammengesetzt werden müssen, dass das warme Ende des einen Theils mit dem kalten des andern in Berührung kommt; doch nur von einer gleichzeitig in allen Theilen erfolgenden Schliessung des Kreises ist eine entschiedene Wirkung auf die Magnetnadel zu erwarten.

Bestimmt die Action an dem Berührungspunkte der Enden eines Kreises dessen magnetische Polarisation, so wird also

auch zwischen dieser und dem $\mp$ und $\pm x$ Zustande ein festes Verhältniss bestehen müssen, und es werden die einander polar entgegengesetzten Theile der einfachen Metallbogen folgendermaassen zu bezeichnen sein. Nimmt man an, das warme Ende eines Metalls aus der obern Hälfte unserer magnetischen Reihe sei $\mp x$ und das kalte Ende desselben $\pm x$, z. B. Wismuth oder Platina Nr. 1 (Fig. 18); so werden wir das warme Ende eines Metalls aus der untern Hälfte unserer magnetischen Reihe mit $\pm x$, und das kalte Ende desselben mit $\mp x$ bezeichnen müssen. Z. B. Antimon oder Silber (Fig. 19).

In einem gleichen polaren Gegensatze, wie die in der Temperatur verschiedenen Theile der einfachen Bogen, befinden sich alle Metalle unserer magnetischen Reihe gegen einander, und es verhalten sich je zwei derselben, welche mit einander zum Kreise verbunden worden, in einem doppelten Gegensatze von $\mp x$ und $\pm x$, und zwar in der Art, dass [342] dasjenige, welches an dem einen Berührungspunkte a $\mp x$ ist, sich an dem andern Berührungspunkte b als $\pm x$ Körper verhält, indem zugleich das andere Metall am Berührungspunkte a sich als $\pm x$ und in b als $\mp$ Körper gegen das erstere verhält.

Im stärksten $\mp x$ und $\pm x$ Gegensatze befinden sich die beiden äussersten Metalle unserer magnetischen Reihe gegen einander. Entsprechend dem Verhalten im einfachen Bogen ist Wismuth am warmen Ende $\mp x$ gegen jedes in der Reihe unter ihm stehende Metall und Tellur oder Antimon sind am warmen Ende $\pm x$ gegen jedes in der Reihe über ihnen stehende Metall. Wismuth am kalten Ende ist dagegen $\pm x$ gegen alle in der Reihe unter ihm stehenden Metalle, und Tellur oder Antimon sind am kalten Ende $\mp x$ gegen alle in der Reihe über ihnen stehenden Metalle. — In dem § 31 angeführten Körpern der magnetischen Reihe nimmt also am warmen Theil der $\mp x$ Zustand, und am kalten Theil der $\pm x$ Zustand vom Wismuth an nach dem Antimon und Tellur zu ab, und vom Tellur an nimmt am warmen Theil der $\pm x$ und am kalten Theil der $\mp x$ Zustand vom Tellur an nach dem Wismuth zu ab; woraus folgt, dass jedes in jener Reihe höher stehende Metall sich in den zweigliedrigen Kreisen, bei der ersten Erregung der magnetischen Polarität durch Temperatur-Differenz, am warmen Berührungspunkte in einem $\mp x$ Zustande und am

kalten Berührungspunkte in einem $\pm x$ Zustande gegen das in der Reihe unter ihm stehende Metall befindet, welches dann gegen jenes am ersten Berührungspunkte $\pm x$ und am letztern $\mp x$ ist, — unabhängig davon, in welchem $\pm x$ und $\mp x$ Gegensatze die Enden der aus jenen beiden Metallen gebildeten einfachen Bogen sich bei der ersten Temperatur-Differenz gegen einander befinden mögen. Dieser Gegensatz verschwindet nämlich und geht völlig unter in dem $\pm x$ und $\mp x$ Gegensatze zweier heterogenen Metalle und Metallmischungen, welcher immer stärker ist als jener, wie nahe auch diese Körper in der magnetischen Reihe neben einander stehen mögen*).

[**343**] Werden zwei Metalle aus den beiden entgegengesetzten Hälften der Reihe mit einander verbunden, z. B. Silber mit Platina, oder Antimon A (Fig. 22) mit Wismuth B, so dass die beiden heissen Enden dieser Metalle aa' und die kalten Enden bb' mit einander in Berührung kommen, so befinden sich A und B sowohl am Berührungspunkte aa' als am Berührungspunkte bb' in entgegengesetzten

*) Folgendes Schema giebt eine allgemeine Uebersicht von den eben erwähnten verschiedenen Zuständen der Metalle und den Verhältnissen der verschiedenen Arten der einfachen Kreise zu den zweigliedrigen.

In einfachen Kreisen		In zweigliedrigen Kreisen			
		Am warmen Berührungspunkte.	Am kalten Berührungspunkte.	Am warmen Berührungspunkte.	Am kalten Berührungspunkte.
Wismuth	warm $\mp x$, kalt $\pm x$	$\mp x$	$\pm x$	$\mp x$	$\pm x$
Nickel	warm $\mp x$, kalt $\pm x$	$\pm x$	$\mp x$		
⋮					
Antimon	kalt $\mp x$, warm $\pm x$	$\mp x$	$\pm x$	$\pm x$	$\mp x$
Tellur	kalt $\mp x$, warm $\pm x$	$\pm x$	$\mp x$		

Zuständen, und da nun die Action in aa' der Action in bb' der Richtung nach gleich ist, so verstärkt die eine die andere. Die Wirkung des durch die Temperatur-Differenz an den beiden Enden der Metalle A und B hervorgerufenen $\pm x$ und $\mp x$ Gegensatzes wird hier noch dadurch verstärkt, dass derselbe nach den entgegengesetzten Seiten hin durch einen Zwischenkörper (an A durch B und an B durch A) aufgehoben wird, zu welchem jedes der beiden Metalle sich am warmen Berührungspunkte aa' in einem noch stärkeren $\mp x$ und $\pm x$ Gegensatze befindet als gegen sein eigenes kaltes Ende, und dass am kalten Berührungspunkte bb' ein ähnliches Verhältniss bei der Aufhebung der $\pm x$ und $\mp x$ Zustände statt findet, wobei an jedem der Metalle A und B die in der Temperatur erhöhten und erniedrigten Theile dieselbe Lage nach O und W zu behalten, in welcher diese Theile sich auch in den einfachen Kreisen bei gleicher Richtung der magnetischen Pole befinden [344] würden, wie sich aus der Vergleichung von Fig. 22 mit Fig. 18 und 19 ergiebt. — Obwohl nun dies letztere in Kreisen aus zwei Metallen, welche einer und derselben Hälfte angehören, nicht statt findet, so wird doch auch in ihnen durch Ausgleichung des $\pm x$ und $\mp x$ Zustandes am kalten Berührungspunkte bb' eine der Richtung nach gleiche magnetische Polarität im ganzen Kreise gesetzt, wie durch die Ausgleichung des $\mp x$ und $\pm x$ Zustandes am warmen Berührungspunkte aa', welches als eine nothwendige Folge aus den sämmtlichen hier angeführten und aus den Erscheinungen abgeleiteten Gesetzen hervorgeht.

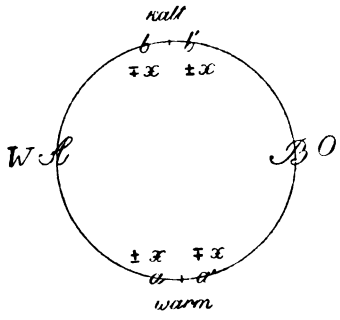


Fig. 22.

Es ist leicht einzusehen, dass es in Beziehung auf die $\mp x$ und $\pm x$ Zustände der Metalle in dem Kreise AB Fig. 22 gleich ist, ob der Berührungspunkt aa' erwärmt wird und bb' die gewöhnliche Temperatur behält, oder ob bb' allein erkältet wird und aa' die gewöhnliche Temperatur behält; dass immer die $\pm x$ und $\mp x$ Zustände, und also auch die Actionen an beiden Berührungspunkten dieselben

bleiben, wie in dem Falle, wo aa' erhitzt, und bb' zugleich abgekühlt wird, — wobei nur der Unterschied statt findet, dass in diesem letzteren Falle die Wirkung an jedem der beiden Berührungspunkte verstärkt wird, und dass also auch magnetische Polarität in diesem Falle stärker sein wird als in den beiden ersteren.

Befinden sich alle vier Enden der Metallbogen A und B (Fig. 23) in gleichem Temperatur-Zustande, — oder sind die beiden Enden ab oder $a'b'$ eines jener beiden Bogen gleichmässig in der Temperatur erhöht worden, die am andern Bogen aber unverändert geblieben, oder in der Temperatur gleichmässig erniedrigt worden, so findet zwar gleichfalls an jedem der beiden Berührungspunkte aa' und bb' ein $\pm x$ und $\mp x$ Gegensatz statt, es hat aber bei Schliessung des Kreises AB die Action an dem einen Berührungspunkte die

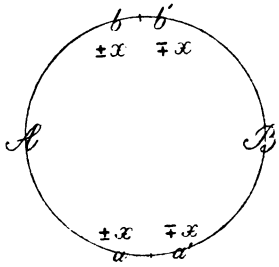


Fig. 23.

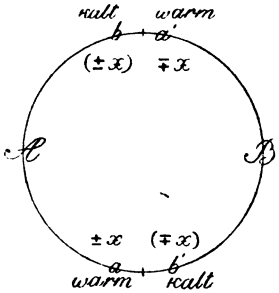


Fig. 24.

entgegengesetzte Richtung von der am andern, und ist dort eben so stark als hier; es hebt also die Action in aa' die magnetische Polarisation, welche durch die Action in bb' gesetzt wird, vollständig auf, der Kreis AB (Fig. 23) wird also keine magnetischen Pole besitzen.

Auch der Kreis AB Fig. 24, in welchem das warme Ende a von A mit dem kalten Ende b' von B und das kalte Ende b von A mit dem warmen Ende a' von B in Berührung gebracht worden, ist dann [**345**] magnetisch unpolar, wenn der durch Erhöhung der Temperatur in aA Fig. 24 gesetzte $\pm x$ Zustand dem durch Temperaturerhöhung in $a'B$ gesetzten $\mp x$ Zustande in der Stärke gleich ist, oder wenn der durch künstliche Erkältung in bA Fig. 25

gesetzte $\mp x$ Zustand dem durch Erkältung in b' B gesetzten $\pm x$ Zustand gleich ist, weil auch in diesen beiden Fällen die die magnetische Polarität erzeugende Action am Berührungspunkte ba' der in ab' gleich und die Richtung der einen der von der andern entgegengesetzt ist.

Eine vollständige Aufhebung der magnetischen Polarität findet jedoch in dem Kreise Fig. 24 nicht statt, wenn beide Metalle A und B ein gleiches Volumen haben und die beiden Enden a und a' gleichzeitig in einer und derselben Wärmequelle in der Temperatur erhöht werden, während die Enden bb' unverändert bleiben; sondern es bleibt dann immer eine schwache magnetische Polarität übrig, wobei die Metalle A und B in Fig. 24 dieselbe Lage gegen die Weltgegenden behalten, welche sie in Fig. 22 bei gleicher Richtung der magnetischen Pole hatten. Hieraus geht hervor, dass der Berührungspunkt ab' der wärmere und ba' der kältere ist. Diese Ungleichheit in der Temperatur der beiden Berührungspunkte ist eine Folge der verschiedenen Wärmecapacität der beiden Metalle A und B, von welchen das erstere sich in a im Zustand einer grössern relativen Wärme befindet als das letztere in a'. Die Action am Berührungspunkte ab' muss daher der am Berührungspunkte ba' überlegen sein, und es muss die durch ab' gesetzte magnetische Polarität vorherrschen, obgleich beträchtlich geschwächt durch die in entgegengesetzter Richtung von ba' erregte magnetische Polarität. Eine völlige Aufhebung jener Polarität kann also dann erst erfolgen, wenn das Ende a' von B stärker erwärmt wird, als es bei dem eben erwähnten Verfahren möglich ist. Wird die Temperatur von a' noch weiter erhöht, während die von a unverändert bleibt, so müssen, wie leicht einzusehen, die Metalle A und B in Fig. 24 eine umgekehrte Lage, bei gleicher Richtung der magnetischen Pole des Kreises, erhalten, weil nun ba' der wärmere Berührungspunkt ist, und oben liegt u. s. w.

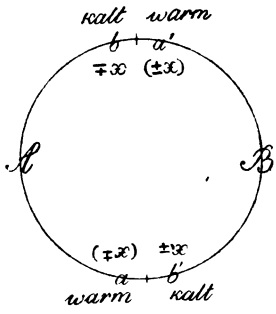


Fig. 25.

Ein dem Kreise AB Fig. 24 ähnliches Verhalten zeigen, unter gleichen Umständen, alle übrigen zweigliedrigen Kreise,

welchen Theilen [346] unserer magnetischen Reihe die beiden sie bildenden Metalle auch angehören mögen. Sind beide im Volumen gleich, und sind die Enden aa' gleichzeitig in einem gleichförmigen Medium von hoher Temperatur erwärmt worden, oder sind die Enden bb' gleichzeitig in einem gleichförmigen Medium von niedriger Temperatur abgekühlt worden, so behält immer derjenige Berührungspunkt das Uebergewicht über den andern, an welchem sich das warme Ende a oder a' des Metalls befindet, dessen relative Wärme am grössten ist. — So z. B. ist die relative Wärme von Kupfer grösser als die von Antimon und von Wismuth; es wird also Kupfer in gleicher Wärmequelle stärker $\pm x$ in a gegen Wismuth werden, als dieses $\mp x$ in a' gegen Kupfer wird. Dagegen wird Kupfer unter den angegebenen Bedingungen in a' als stärkerer $\mp x$ Körper gegen Antimon hervorgehen, als dieses in a $\pm x$ Körper gegen Kupfer ist. — In dem zweigliedrigen Kreise KB wird also der Gegensatz des $\pm x$ und $\mp x$ Zustandes am Berührungspunkte Ka mit Bb' grösser sein, als die am Berührungspunkte Kb mit Ba'; dagegen wird in dem Kreise AK der Gegensatz des $\pm x$ und $\mp x$ Zustandes grösser im Berührungspunkte Ab mit Ka' sein, als im Berührungspunkte Aa mit Kb', und es bleibt also in beiden Fällen die durch die Action am ersten Berührungspunkte gesetzte und bis zu einem gewissen Grade durch die Action am zweiten Berührungspunkte geschwächte magnetische Polarität fortwährend wirksam, dort die von $Ka\ Bb'$ und hier die von $Ab\ Ka'$ ausgehende Polarität.

Wenn zwei Metalle aus einer und derselben Hälfte unserer magnetischen Reihe (Tabelle § 45) mit einander verbunden werden, so finden wir, 1) wenn die beiden Metalle der obern oder östlichen Hälfte der Reihe angehören, das in der Reihe höher stehende H (Fig. 26) mit seinem warmen Ende a' und dem kalten Ende b' ganz in derselben Lage, in welcher die beiden Enden dieses Metallbogens sich auch bei gleicher Richtung der magnetischen Pole befinden würden, wenn er als einfacher Kreis geschlossen würde. — Das andere in der Reihe tiefer stehende Metall T finden wir dagegen mit seinen Enden a und b in der entgegengesetzten Lage von derjenigen, welche es, bei gleicher Richtung der magnetischen Pole, im einfachen Kreise einnehmen würde. (Vergl. H nnd T Fig. 26

mit P Fig. 18). 2) Sind beide Metalle [347] aus der untern oder westlichen Hälfte der Reihe, so befinden sich die Enden a und b des tiefer stehenden T (Fig. 26) in derselben Lage, welche sie im einfachen Kreise hatten, und am höher stehenden Metall H befinden sich a' und b' in der entgegengesetzten Lage. (Vergl. T und H Fig. 26 mit S Fig. 19).

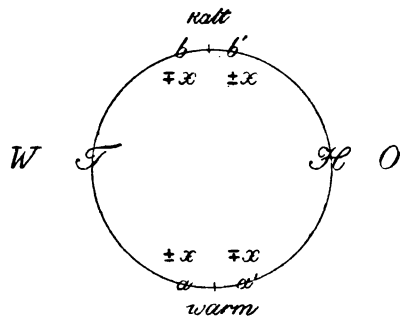


Fig. 26.

Sind nun die Metalle der obern Hälfte der Reihe, als einfache Kreise, bei der ersten Temperatur-Veränderung (wie oben angenommen worden) am warmen Ende $a \mp x$ und am kalten Ende $b \pm x$, und sind die Metalle aus der untern Hälfte der Reihe am warmen Ende $\pm x$ und am kalten Ende $\mp x$; so muss also 1) in den zweigliedrigen, aus Metallen der obern Hälfte der Reihe zusammengesetzten Kreisen, H in stärkerem Grade in $a' \mp x$ sein, als T in $a \mp x$ ist, und H muss in stärkerem Grade in $b' \pm x$ sein, als T in $b \pm x$ ist; es wird sich also T am Berührungspunkte aa' als $\pm x$ und am Berührungspunkte bb' als $\mp x$ Körper gegen H verhalten müssen. 2) In zweigliedrigen, aus Metallen der untern Hälfte der Reihe bestehenden Kreisen muss T in stärkerem Grade in $a \pm x$ sein, als H in $a' \pm x$ ist, und T muss in stärkerem Grade in $b \mp x$ sein, als H in $b' \mp x$ ist; und es wird sich also H am Berührungspunkte aa' als $\mp x$ und an bb' als $\pm x$ Körper gegen T verhalten müssen.

Es hat sich aus mehreren in dieser Abhandlung angeführten Thatsachen ergeben, dass jene $\pm x$ und $\mp x$ Gegensätze in den zweigliedrigen Kreisen von einigen der in der magnetischen Reihe einander nahe stehenden Metalle und Metallmischungen leicht eine Veränderung erleiden, deren Folge die auf den ersten Anblick paradoxe Erscheinung der Aufhebung und Umkehrung der vorher bestandenen magnetischen Polarität, bei fortdauernder Temperatur-Differenz der beiden Berührungspunkte aa' und bb' Fig. 26, ist. Es

waren Alliagen, desgleichen Metalle, welche fremdartige Beimischungen enthielten, an denen diese Aenderungen des $\mp x$ und $\pm x$ Zustandes vornehmlich bemerkt wurden.

So fanden wir § 40 in Kreisen von Kupfer Nr. 2 mit Alliagen von Wismuth und Zinn, von Wismuth und Blei, von Wismuth und Antimon, desgleichen von Antimon mit Zink, bei einem bestimmten Mischungsverhältniss der Bestandtheile der [348] Alliagen, die magnetische Polarität, bei fortbestehender Differenz der Temperatur beider Berührungspunkte aa' und bb' Null werdend.

Wir fanden ferner § 41 ein Amalgam mit einigen ihm in der Reihe nahe stehenden Metallen, desgleichen ein Alliage von Wismuth und Zinn zu gleichen Theilen, in der Verbindung mit Kupfer Nr. 2, oder Gold Nr. 2, oder Silber bei einem bestimmten Grade der Erhitzung unmagnetisch, und dies Alliage, so lange es am Berührungspunkte aa' erwärmt, diesen Grad der Temperatur noch nicht erreicht hatte, unter, und so wie es ihn überschritten hatte, über jenen Metallen in der magnetischen Reihe stehend.

Auch fanden wir § 44 einige Alliagen nach Veränderungen, welche sie durch schnelle oder langsame Abkühlung in der Form der Verbindung erlitten, an verschiedenen Stellen der magnetischen Reihe, woraus sich ergiebt, dass die magnetische Polarität derselben in der Verbindung mit den zwischen den äussersten Stellen jener Alliagen liegenden Metallen, ungeachtet der Temperatur-Differenz der beiden Berührungspunkte aa' und bb', in einem gewissen Temperaturzustande Null werden müsse; die Legirung von 78 Theilen Kupfer mit 22 Theilen Zinn in der Verbindung mit Platina Nr. 3 und Kupfer Nr. 2; Stahl in der Verbindung mit Zink, oder Silber, Gold, oder Kupfer Nr. 2*).

Eine Aufhebung und Umkehrung der magnetischen Polarisation zweigliedriger Kreise von Metallen, welche derselben Hälfte der magnetischen Reihe angehören, kann durch Temperaturveränderung auf zweifache Art zu Stande kommen;

*) Das langsam und jäh abgekühlte Antimon, dessen in der Note zum vorigen § Erwähnung geschehen, gehört hierher, wenn es sich gleich in jenen doppelten Zuständen über keines der ihm zunächst stehenden Metalle der Reihe erhebt, und auch unter das tiefer stehende nicht hinabgeht, wie die übrigen der oben genannten Alliagen.

1) dadurch, dass das eine der beiden Metalle T oder H (Fig. 26), welches gegen das andere am Berührungspunkte aa', bei gewissem Temperaturverhältniss beider Berührungspunkte, schwächer $\mp x$ oder schwächer $\pm x$ war, nach einseitiger stärkerer Erhitzung in aa' oder Erkältung in bb' in Gleichgewicht mit jenem H oder T kommt (z. B. Fig. 27), oder das Uebergewicht im $\mp x$ oder $\pm x$ Zustande in aa', und im $\pm x$ oder $\mp x$ Zustande in [349] bb' erhält (z. B. Fig. 28); 2) dadurch, dass dasjenige Metall, H oder T (Fig. 26), welches am Berührungspunkte aa' als überwiegend

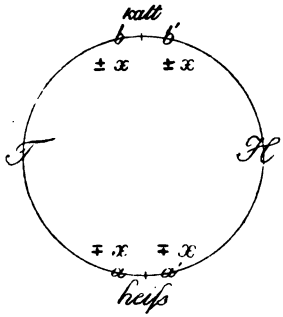


Fig. 27.

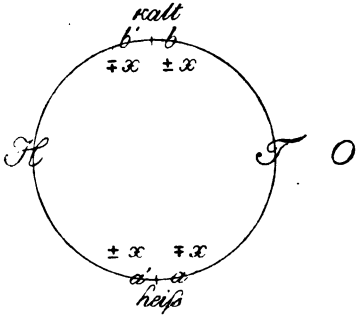


Fig. 28.

$\mp x$ oder $\pm x$ angesehen werden musste, bei steigender Temperatur in jenem $\mp x$ oder $\pm x$ Zustande eine Schwächung erleidet, welche so weit gehen kann, dass es gegen sein eigenes kaltes Ende, und nicht minder gegen das andere Metall T oder H sich endlich als $\pm x$ oder $\mp x$ Körper am Berührungspunkte aa' verhält, (in bb' also umgekehrt als $\mp x$ oder $\pm x$ Körper) je nachdem die Metalle der obern oder der untern Hälfte der Reihe angehören. Beispiele solcher Umwandlung des $\mp x$ in den $\pm x$ Zustand fanden wir § 45 an den einfachen Kreisen von Gold Nr. 1, auch von Messing Nr. 2 und Antimon.

Es ist zu erwarten, dass eine Aufhebung und Umkehrung der magnetischen Polarisation zweigliedriger Kreise, bei fortbestehender Temperatur-Differenz der beiden Berührungspunkte, aa' und bb', um so leichter erfolgen werde, wenn eines der Glieder desselben schon als einfacher Kreis ein doppeltes Verhalten zeigt, je nachdem das eine Ende desselben schwächer oder stärker erhitzt worden, wie z. B. unser

Gold Nr. 1, welches am heissen Theile zuerst $\mp x$ und nachher $\pm x$ in Beziehung auf den kalten Theil ist.[16])

Gehört ein solches Metall der obern oder östlichen Hälfte unserer Metallreihe an, (wie eben jenes Gold Nr. 1) so wird es, verbunden mit einem in der Reihe unter ihm stehenden Metall, (z. B. mit Kupfer Nr. 1) bei dem ersten Grade der Erwärmung (in der mehrmals angegebenen Lage der in der Temperatur verschiedenen Theile) in Osten stehen, und es befinden sich hier die Enden des Goldes Nr. 1 in derselben Lage gegen die Weltgegenden, wie im einfachen Kreise; aber Kupfer Nr. 1 befindet sich in umgekehrter Lage gegen die, welche es als einfacher Kreis annehmen würde. — Bei zunehmender Hitze am Berührungspunkte aa' muss nun aber die magnetische Polarisation dadurch abnehmen, dass Gold Nr. 1 in höheren Temperaturgraden geneigter wird $\pm x$ zu werden, so wie Kupfer Nr. 1 in demselben Verhältniss sich mehr dem ihm natürlicheren $\mp x$ Zustande am heissen Ende nähert; die Polarität wird Null, und bei noch stärkerer Erhitzung von aa' die entgegengesetzte von der vorigen werden, wodurch also Gold Nr. 1 in W, und Kupfer Nr. 1 in O zu stehen kommen.

[350] Ein später angestellter Versuch mit jenem Gold Nr. 1 und Kupfer Nr. 1 bestätigte dieses; jene beiden Metalle nahmen leicht, bei erhöhter Temperatur in aa', die umgekehrte Lage von der an, in welcher sie sich bei den ersten Graden der Erwärmung befanden.

Als ein anderes hierher gehörendes Beispiel könnte die § 44 vorgekommene Legirung von 78 Theilen Kupfer mit 22 Theilen Zinn in ihrer Verbindung mit Kupfer Nr. 2 angeführt werden, wenn angenommen werden könnte, dass diese Legirung sich rothglühend in demselben $\pm x$ Zustande befunden habe, in welchem wir sie im jäh abgekühlten gegen Kupfer Nr. 2 und gegen die langsam abgekühlte Legirung finden. Directe Versuche sind hierüber bisher noch nicht angestellt worden.

Ist nun eines jener Metalle aus der obern Hälfte der magnetischen Reihe, welches als einfacher Kreis einer doppelten Polarität fähig ist, mit einem in der Reihe über ihm stehenden Metall verbunden, z. B. Gold Nr. 1 mit Platina Nr. 1, so wird ein solcher Kreis niemals eine Umkehrung seiner magnetischen Polarität erleiden, wenn das zweite Metall (hier Platina Nr. 1) bei mässiger und bei starker Erhöhung

der Temperatur in a' unverändert $\mp x$ bleibt, ja es wird in diesem Falle vielmehr die sich bei der ersten Temperatur-Veränderung zeigende magnetische Polarisation, bei zunehmender Temperatur des Berührungspunktes aa', fortwährend wachsen, weil das in Westen stehende Gold Nr. 1, welches zuerst gegen Platina Nr. 1 in a nur als schwächerer $\mp x$ Körper auftrat, sich in höherer Temperatur entschiedener als $\pm x$ Körper verhalten muss.

Ein Metall aus der untern Hälfte der magnetischen Reihe, welches als einfacher Kreis einer doppelten magnetischen Polarität, nach dem höheren oder niedrigeren Grade der Temperatur eines der Enden, fähig ist, wird mit einem Metall derselben Hälfte, welches als einfacher Kreis auch bei beträchtlicher Temperatur-Differenz der Enden unverändert die ursprüngliche Polarität behält, zum Kreise verbunden, nur dann eine Aufhebung und Umkehrung der ersten magnetischen Polarität, bei steigender Temperatur am Berührungspunkte aa', bewirken, wenn das andere Metall in unserer magnetischen Reihe über ihm steht. Dieses (H), welches sich zuerst in a' als $\mp x$ Körper verhielt, und in [351] höherer Temperatur gegen jenes (T) schon allein $\pm x$ in a' werden könnte, wird dies um so entschiedener sein, wenn der ursprüngliche $\pm x$ Zustand von T in höherer Temperatur gegen dessen eigenes kaltes Ende $\mp x$ wird.

Als Beispiele einer durch die eben erwähnte Aenderung des $\pm x$ Zustandes von T bewirkten Umkehrung der magnetischen Polarisation zweigliedriger Kreise, von Metallen aus der untern Hälfte unserer Reihe, können die § 44 genannten Kreise von langsam und jäh abgekühltem Stahl mit Zink oder Silber oder Gold Nr. 2 angeführt werden, und dies um so mehr, da sich aus später angestellten Versuchen ergeben hat, dass der Stahl bei starker Erhitzung gegen jene Metalle eben so wohl $\mp x$ Körper wird, als es der jäh abgekühlte Stahl ist.

Auch die Kreise aus dem Alliage von Wismuth und Zinn zu gleichen Theilen, in der Verbindung mit Silber oder Gold Nr. 2 (§ 41) sind hier anzuführen, da dies Alliage, welches im festen Zustande zu den Metallen der untern Hälfte der Reihe gehört, im flüssigen Zustande in die obere Hälfte hinaufrückt.

* Ein Alliage von 3 Theilen Kupfer und 1 Theil Antimon, verbunden zum zweigliedrigen Kreise mit Zink,

ändert gleichfalls, wie später gefunden wurde, sehr leicht seine erste und ursprüngliche Polarität. Schon ehe der Zink fliesst, tritt die Aufhebung und Umkehrung der magnetischen Polarisation des Kreises ein, und das Alliage, welches vorher am a Ende $\pm$ Körper gegen Zink in a' war, (s. § 40) wird also schon in mässiger Temperatur gegen diesen $\mp x$ in a. — Im zweigliedrigen Kreise dieses Alliage mit Kupfer Nr. 2 erfolgte auch bei ziemlich starker Erwärmung des Berührungspunktes aa' keine Umkehrung der Polarisation. — Auch Kreise von Zink mit den andern beiden § 40 angeführten Alliagen von Kupfer und Antimon behielten bei stärkerer Erhitzung ihre erste Polarität.

Dass Aufhebung und Umkehrung der magnetischen Polarisation, bei fortbestehender Temperatur-Differenz der beiden Berührungspunkte in den zweigliedrigen Kreisen, nicht bloss beschränkt sei auf Metalle, welche einer und derselben Hälfte unserer Reihe angehören, sondern dass die Metalle oder Metallmischungen, welche in höherer Temperatur eine Veränderung ihres ersten $\pm x$ oder $\mp x$ Zustandes [352] erleiden, auch in die entgegengesetzte Hälfte übergreifen, davon finden wir in den oben angeführten Kreisen von Stahl mit Kupfer Nr. 2, von dem Wismuth-Zinn-Alliage zu gleichen Theilen mit Kupfer Nr. 2 Belege, wo der $\mp x$ Zustand des jäh abgekühlten oder sehr heissen Stahls, desgleichen der $\mp x$ Zustand des flüssigen Alliage in a dem $\mp x$ Zustande des Kupfers Nr. 2 in a' überlegen ist.

Verändert sich nun in den beiden, den entgegengesetzten Hälften der Reihe angehörenden Metallen, bei starker Erhitzung, der erste $\mp x$ und $\pm x$ Zustand derselben am Berührungspunkte aa', so wird auch um so leichter eine Aufhebung und Umkehrung der ersten magnetischen Polarität eintreten müssen, wie leicht einzusehen. Der zweigliedrige Kreis von Stahl mit dem Alliage von 78 Theilen Kupfer und 22 Theilen Zinn ist hier als Beispiel anzuführen*).

[353] 48.* Nach solchen Erfahrungen über die Veränderlichkeit des Standes der fremdartige Beimischungen enthaltenden Metalle in der magnetischen Reihe bei verschiedenen

*) Folgende Schemata geben eine vollständige Uebersicht von dem Verhalten der Metalle, welche in höherer Temperatur eine Aufhebung und Umkehrung der ursprünglichen magnetischen Polarität als einfache und zweigliedrige Kreise erfahren.

Temperaturzuständen, wie im vorhergehenden § angeführt worden, musste sich die Frage aufdrängen: ob nicht ausser dem Gold Nr. 1 auch die übrigen in der Tabelle I und § 31 vorkommenden, gleichnamigen und mit verschiedenen Nummern bezeichneten Metalle, nach stärkerer Erhitzung eines der Berührungspunkte derselben, in der Verbindung mit den

---

Metalle der obern Hälfte der Reihe

In einfachen Kreisen	In zweigliedrigen Kreisen
T' {heiss $\mp x$ / kalt $\pm x$}	sehr heiss $\mp x$ } $\mp x$; sehr kalt $\pm x$ } $\pm x$
H {warm $\mp x$ / kalt $\pm x$}	warm $\mp x$ } warm $\pm x$ } ; kalt $\pm x$ } kalt $\mp x$ }
T {warm $\mp x$ / kalt $\pm x$}	warm $\pm x$ } warm $\mp x$ } ; kalt $\mp x$ } kalt $\pm x$ }
H' {kalt $\mp x$ / heiss $\pm x$}	sehr heiss $\pm x$ } $\pm x$; sehr kalt $\mp x$ } $\mp x$

Metalle der untern Hälfte der Reihe

In einfachen Kreisen	In zweigliedrigen Kreisen
T' {heiss $\mp x$ / kalt $\pm x$}	sehr heiss $\mp x$ } $\mp x$; sehr kalt $\pm x$ } $\pm x$
H {kalt $\mp x$ / warm $\pm x$}	warm $\mp x$ } warm $\pm x$ } ; kalt $\pm x$ } kalt $\mp x$ }
T {kalt $\mp x$ / warm $\pm x$}	warm $\pm x$ } warm $\mp x$ } ; kalt $\mp x$ } kalt $\pm x$ }
H' {kalt $\mp x$ / heiss $\pm x$}	sehr heiss $\pm x$ } $\pm x$; sehr kalt $\mp x$ } $\mp x$

Metalle aus den entgegengesetzten Hälften der Reihe H aus der obern T aus der untern Hälfte

In einfachen Kreisen	In zweigliedrigen Kreisen
H langsam abgekühlt = mässig warm {warm $\mp x$ / kalt $\pm x$}	warm $\mp x$ } ; kalt $\pm x$ }
T' jäh abgekühlt = sehr heiss {heiss $\mp x$ / kalt $\pm x$}	sehr heiss $\mp x$ } ; sehr kalt $\pm x$ }
H' jäh abgekühlt = sehr heiss {kalt $\mp x$ / heiss $\pm x$}	sehr heiss $\pm x$ } ; sehr kalt $\mp x$ }
T langsam abgekühlt = mässig warm {kalt $\mp x$ / warm $\pm x$}	warm $\pm x$ } ; kalt $\mp x$ }

T und T' bezeichnen einen und denselben Körper, doch in verschiedenen Zuständen, eben so H und H'.

zwischen ihnen liegenden Metallen, eine andere Stellung gegen diese erhalten möchten, als in den bisherigen Versuchen nach mässiger Erwärmung, besonders nachdem sich aus den ferneren Versuchen mit jenem Gold Nr. 1 ergeben hatte, dass dies nicht bloss bei beträchtlicher Temperaturerhöhung des Berührungspunktes *aa'* Fig. 26 unter Kupfer Nr. 1, sondern auch unter Blei und Platina Nr. 3 herabrücke.

Ein gleiches Verhalten wurde auch wirklich an den beiden in der Reihe § 31 hochstehenden Kupfersorten Nr. 1 und Nr. 0, nach starker Erhitzung des einen Berührungspunktes derselben mit den eben genannten Metallen wahrgenommen; beide rückten bis zum Kupfer Nr. 2 herab, wie aus Tabelle II zu ersehen, wo die Resultate der mit zweigliedrigen Metallkreisen in höherer Temperatur als vorher unternommenen [354] Versuche zusammengestellt sind*). Kupfer Nr. 1 trat schon bei Erhitzung des einen Berührungspunktes durch zwei Lampen unter Blei und Zinn; Kupfer Nr. 0 nahm aber erst entschieden die Stelle unter Zinn und unter Messing Nr. 1 ein, wenn diese Metalle sich im fliessenden und glühenden Zustande befanden. Messing Nr. 1 rückte schon bei mässiger Erhitzung unter Blei und Zinn. Gold Nr. 1 blieb zwar bei der bis zum Glühen getriebenen Erhitzung beider Metalle über Kupfer Nr. 2; es ist aber wohl kaum zu zweifeln, dass es sich auch unter dieses und dem Gold Nr. 2 näher stellen werde, wenn es sich im Flusse befindet, und wohl noch früher.

Die reine Platina Nr. 1 finden wir unverändert an derselben Stelle in Tabelle II, welche sie in der Reihe Tabelle I und § 31 einnahm; die Platinasorten Nr. 3 und Nr. 4 dagegen, deren tieferer Stand in der Reihe, bei den ersten Versuchen, fremdartigen Beimischungen zugeschrieben wurde, sehen wir hier, nach stärkerer Erhitzung des einen Berührungspunktes derselben, mit allen zwischen den äussersten Grenzen jener Platinasorten der ersten Tabelle befindlichen Metallen, über diese zu der reinen Platina hinauf gerückt, gleichsam als ob die Platina in jenen Legirungen Nr. 3 und

*) Sie sind sämmtlich nach der Vorlesung vom 11. Februar 1822 angestellt worden, weshalb auch dieser §, als ein später hinzugefügter, mit einem Sternchen bezeichnet worden ist. Dasselbe Zeichen hat auch § 47; dieser aber bloss deshalb, weil er manche neue Zusätze erhalten hat, welche nicht füglich in die Noten verlegt werden konnten.

Nr. 4 erst in höherer Temperatur vorwirkend würde und als ob vorher die Beimischungen, oder die mit fremdartigen Theilen vermischte Platina (als einfacher Körper angesehen) das Uebergewicht gehabt und die magnetische Polarisation bestimmt hätte.

Wir finden ferner in Tabelle II den Stahl, welcher rothglühend war, nicht nur über die im vorigen § genannten Metalle, sondern auch über Kupfer Nr. 0 und Messing Nr. 1 hinaufgerückt, und auch weiches Stabeisen*) an derselben Stelle zwischen Zinn und Messing Nr. 1. — Dem vermehrten Gehalt an Kohlenstoff im Stahl und Eisen, ihnen zugeführt aus der zur Erwärmung angewandten Weingeistlampe, mag wohl [355] vorzüglich die veränderte Stellung derselben gegen die vom Zink bis zum Messing Nr. 1 in Tabelle II genannten Metalle zuzuschreiben sein. Jener Kohlenstoff kann aber nur schwach mit dem Eisen und Stahl verbunden sein, da beide bei abnehmender Hitze wieder in ihre ersten Stellen unter den Zink zurücktreten. Diese Erscheinung stimmt mit den in § 43 angeführten Thatsachen wohl überein. — Ueber Zinn und Blei, welche sich in Tiegeln im glühenden Flusse befanden, erhoben sich weder das Eisen noch der Stahl, vielleicht nur deshalb nicht, weil hier kein Zuwachs von Kohlenstoff in denselben statt fand.

In Tabelle II befinden sich noch zwei Metalle in umgekehrter Stellung gegen diejenige, welche sie in Tabelle I einnahmen, — zwar zwei sich in elektrischer Beziehung sehr auszeichnende Metalle, Silber und Zink. Das letztere dieser beiden finden wir hier nach stärkerer Erhitzung des einen Berührungspunktes in der magnetischen Reihe zwischen Kapellen-Silber und reinem Golde. Der zu diesen Versuchen benutzte Zink war schlesischer, wie er im Handel

*) Am Stabeisen hat Hr. *Cumming*, Professor zu Dublin, welcher meine thermomagnetischen Versuche aufgenommen und seinerseits weiter verfolgt hat, zuerst ein doppeltes Verhalten gegen Zink, Silber, Kupfer, Gold und Messing, je nachdem eine stärkere oder schwächere Hitze angewendet wird, wahrgenommen. Das Kupfer von Hr. *Cumming* scheint dem Kupfer Nr. 2 unserer Tabellen gleich zu sein; dann aber ist das Gold von Hr. *C.* nicht chemisch reines, sondern den oben in der Tabelle § 42 mit *k* bezeichneten Goldstücken ähnliches gewesen. Hrn. *Cumming*'s Versuche und Beobachtungen findet man in den *Annals of Philosophy* 1823, September und November, und in *Schweigger*'s Journal 1824 im 4. Heft.[17])

vorkommt. — Wurde ein die Boussole umschliessender, halb aus diesem Zink und halb aus feinem Silber bestehender Bogen mit fliessendem und bis zum Glühen erhitzten Zink geschlossen, so erfolgte, wenn das den unteren Theil des Bogens bildende Silber in das, in Süden stehende, fliessende Metall zuerst und der Zinkstreifen zuletzt eingetaucht wurde, eine östliche Declination von ungefähr 40° Bewegung und ungefähr 15° festen Stand der Magnetnadel, woraus sich der in Tabelle II angegebene Stand des Zinks ergiebt. Wurde dagegen der Zinkstreifen zuerst und der Silberstreifen zuletzt in den glühenden Zink getaucht, so erfolgte zuerst eine westliche Declination, diese ging aber, wenn der Kreis geschlossen blieb, bald in eine östliche über, und blieb östlich so lange das fliessende Metall rothglühend war. Hatte die westliche Declination 15° bis 20° Bewegung der Nadel betragen, so war die nach- [356] folgende stehende östliche Declination 7°—8°. — Nur so lange der Zink glühte, fand in dieser Lage der Glieder des Kreises eine östliche Declination statt; wie der Zink aber kälter wurde, so erfolgte immer nur eine westliche Declination, nicht bloss wenn der Zinkstreifen, sondern auch wenn der Silberstreifen zuerst in das fliessende Metall eingetaucht wurde, übereinstimmend mit den früheren Beobachtungen, denen zu Folge Silber über Zink in der Reihe § 31 und Tabelle I gesetzt worden war. — Aus diesen Erfahrungen geht hervor, dass der $\pm x$ Zustand, welchen der Zink bei mässiger Erwärmung am Ende a zeigt, bei stärkerer Erhitzung abnehmen muss, und dass Silber dagegen, welches sich, bei mässiger Erwärmung, gegen Zink, am Berührungspunkte aa' als schwächerer $\pm x$ (und deshalb als $\mp x$) Körper verhalten hatte, bei stärkerer Erhitzung im $\pm x$ Zustande fortwährend zunehme. Hieraus folgt, dass in einem Kreise von Silber und Zink, geschlossen mit fliessendem Silber, der Zink immer über Silber stehend werde gefunden werden, man mag nun das Zink- oder Silberende des Bogens zuerst in das fliessende Metall tauchen.

Zink glühend und selbst brennend, mit Kupfer Nr. 2, desgleichen mit Gold Nr. 2 zum Kreise verbunden, blieb unverändert unter diesen Metallen stehen.

Wismuth und Antimon behaupteten auch nach der Erhitzung bis zum Glühen ihre ersten Stellen an den äussersten Enden der Reihe, ja sie wurden dann viel stärker magnetisch

als in niederen Temperaturgraden glühender Wismuth in der Verbindung mit Platina Nr. 1, und Antimon in der Verbindung mit glühendem und brennenden Zink.

Von den leichtflüssigen Metallen waren in Thontiegeln bis zum Glühen erhitzt worden:

Blei . . . . . in den Kreisen mit Kupfer Nr. 0, Platina Nr. 1, Eisen und Zinn.

Zinn . . . . . in den Kreisen mit Kupfer Nr. 0, Platina Nr. 1, Eisen, Stahl und Blei.

Zink . . . . . in den Kreisen mit Kupfer Nr. 2, Silber, Gold Nr. 2, Blei, Zinn und Antimon.

[357] Antimon . . . . in den Kreisen mit Platina Nr. 1.

Wismuth . . . . . - - - - Platina Nr. 1.

Messing Nr. 1 . . . . - - - - Kupfer Nr. 0.

In allen übrigen in Tabelle II angeführten Versuchen waren die Metallstangen und Blechstreifen mit messingenen Schraubenzwingen (doch getrennt von diesen durch Porzellanscheibchen) an einander befestigt und über einer doppelten Weingeistlampe erhitzt worden.

Eine Erscheinung verdient noch angeführt zu werden, welche an einigen zweigliedrigen Kreisen der letzteren Art mehrmals wahrgenommen wurde. In Kreisen von Kupfer mit Antimon oder von Kupfer mit Zink wurde nämlich bei schneller, starker Erhitzung des einen Berührungspunktes von Zeit zu Zeit ein Klang gehört, wobei jedesmal die Magnetnadel, deren Bewegung etwas gestockt hatte, plötzlich weiter rückte, und von dem erreichten Stande nicht wieder zurückkehrte. Auch bei der Abnahme der Declination, nach ausgelöschten Lampen, glaube ich einigemal eine solche plötzliche Beschleunigung in der nun rückgängigen Bewegung der Magnetnadel bemerkt zu haben, wenn sich jener Klang vernehmen liess. — Selbst anhaltende Töne wurden in einigen jener zweigliedrigen Kreise gehört, namentlich in Kreisen von Messing und Zinn, desgleichen von Messing und Blei, wo sogar Doppeltöne, ein sehr tiefer und ein hoher, beide schwach doch sehr deutlich zu hören waren. Die magnetische Polarisation in diesen beiden Kreisen war dabei sehr schwach; die Declination der Magnetnadel innerhalb derselben betrug nicht über $1\frac{1}{2}$ bis 2 Grad.

49. Sobald gefunden war, dass eine magnetische Polarität nicht nur in einfachen Metallbogen bei der Berührung der in der Temperatur verschiedenen Enden hervortrete, (§ 45) sondern dass sie auch in scheinbar homogenen, gegossenen Metallringen u. s. w. nach partieller Erhöhung der Temperatur nicht fehle, (§ 46) so konnte man wohl erwarten, auch in einfachen, geraden Metallstangen und in Scheiben u. s. w. eine magnetische Polarität bei eintretender Temperatur-Differenz zu entdecken. — Die Erfahrung bestätigte dies, doch waren es nur die spröden und sich durch leichte Krystallirbarkeit auszeichnenden leichtflüssigen Metalle und einige Alliagen, welche in der [**358**] oben erwähnten Form eine deutliche, obwohl schwache magnetische Polarität zeigten*).

Die ersten Versuche wurden mit viereckigen Stangen von Antimon von 6 Zoll Länge und 5 Linien Dicke im Geviert, oder von 10 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke angestellt. An den meisten derselben waren schwache magnetische Pole wahrzunehmen, wenn das eine Ende derselben, α oder β Fig. 29 allein erwärmt worden war, und zwar wurden die Pole entweder von zwei der einander gegenüber liegenden Seitenflächen, oder, noch häufiger, an den entgegengesetzten Kanten der Stange gefunden. War z. B. das Ende α erwärmt worden, so lag an mehreren Antimonstangen der s Pol in a' und der n Pol in b' (s. Fig. 29 u. 30), wie sich aus der anziehenden und abstossenden Wirkung jener Kanten auf die Pole einer sehr beweglichen Magnetnadel ergab. Die Kanten c' und d' verhielten sich der magnetischen Mitte der gewöhnlichen Magnetstäbe gleich.

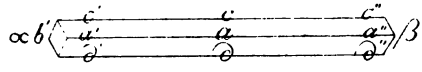


Fig. 29.

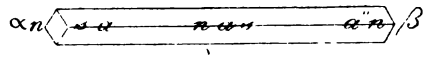


Fig. 30.

Diese Stangen waren aber nicht der ganzen Länge nach magnetisch polar, nicht von a' bis a'' s Pol und von b' bis b''

*) Alle in diesem und dem folgenden Paragraph vorkommenden Beobachtungen, Versuche u. s. w. wurden in der Königl. Academie am 25. October 1821 vorgetragen.

n Pol (Fig. 29); sondern die Ausdehnung des durch Erwärmung am α Ende polar gewordenen Theils wurde nur auf einen kleinen Raum beschränkt gefunden, welcher sich auch nach plötzlicher, ziemlich starker Erhitzung an der zehnzölligen Stange nicht bis über die Mitte derselben ab erstreckte. Das Ende β, welches weder erwärmt noch erkältet worden war, zeigte keine Wirkung auf die Magnetnadel.

Der Magnetismus war immer in dem ersten Moment nach der Erwärmung des Endes der Stange am stärksten, nahm aber sehr bald ab, wie die Wärme sich in derselben weiter ausbreitete. An den kalten Metallstäben war keine Spur von Polarität zu entdecken, und eben so wenig, wenn sie der ganzen Länge nach gleichförmig erwärmt worden waren. — Für die Polarisation u. s. w. war es auch hier gleichgültig, wie die Stangen erwärmt wurden, ob über Lampen oder auf heissen Bolzen.

[**359**] In der Lage der Pole, so wie in der Stärke der Polarität stimmen selten zwei Metallstangen mit einander überein, und auch in der Polarisation der beiden Enden einer und derselben Stange findet man, nach alleiniger Erwärmung jeder derselben, eine beträchtliche Verschiedenheit.

Tritt an einer Stange von Antimon, bei Erwärmung des Endes α der *s* Pol in a' und der *n* Pol in b' (Fig. 29) hervor, so kann, nach alleiniger Erwärmung des Endes β gleichfalls an der Kante a'' der *s* Pol und in b'' der *n* Pol liegen. An einer andern Stange von Antimon, welche sich der vorigen am Ende α gleich verhält, findet man dagegen, bei Erwärmung des Endes β, den *n* Pol in a'' und den *s* Pol in b'' (s. Fig. 29 u. 30); — und an einer dritten Stange desselben Antimons, welche sich den beiden vorhergehenden im α gleich verhält, kann man am Ende β den *n* Pol im c'' und den *s* Pol im d'' (Fig. 29) oder umgekehrt finden, oder auch an zwei einander gegenüber liegenden Seitenflächen; ja es kann die magnetische Polarisation nach Erwärmung von β so schwach sein, dass kaum eine Wirkung derselben auf die Magnetnadel wahrzunehmen ist, während die Polarität nach Erwärmung des Endes α sehr deutlich gewesen war. — Manche Antimonstangen werden auch, welches Ende man allein erwärmen mag, immer nur höchst schwach, kaum merklich polar.

Werden die beiden Enden der Stange α und β zugleich erwärmt, und bleibt die Mitte derselben kalt, so findet man

α und β eben so polarisirt wie vorher, da sie einzeln erwärmt worden waren.

Werden die Stangen in der Mitte (*abcd* Fig. 29) allein erwärmt, und bleiben die beiden Enden kalt, so zeigt sich abermals eine magnetische Polarität, und zwar eine doppelte, die eben so wie die vorhin beschriebene am stärksten ist in der Nähe der erwärmten Stelle, und abnimmt nach den Enden α und β zu. Die Pole haben in den verschiedenen Stangen auch verschiedene Lagen. — An denjenigen Antimonstangen, welche als die regelmässigsten anzusehen waren, (eine Benennung, die weiter unten gerechtfertigt werden wird) wurden, nach Erwärmung der Mitte *abcd* Fig. 29, links von a ein n Pol und links von b ein s Pol, — dagegen rechts von a ein s Pol und rechts von b ein n Pol gefunden (s. Fig. 30).

[**360**] Wenn eine Stange von Antimon gleichförmig erhitzt worden, (was am besten auf einem heissen Bolzen geschieht), so sind an ihr keine Pole zu entdecken; — es treten aber sogleich welche hervor, sobald nur ein Theil jener Stangen plötzlich abgekühlt wird, — aber diese neuen Pole sind die entgegengesetzten von denen, welche sich bei der partiellen Erwärmung desselben Theils der Stange gezeigt hatten, während der übrige Theil kalt war. Z. B. hatte eine Antimonstange nach Erwärmung des Endes α (Fig. 29) den s Pol in a', den n Pol in b', so liegt an derselben Stange, nachdem sie gleichförmig erwärmt und in α plötzlich abgekühlt worden, der n Pol in a' und der s Pol in b'; — und so findet man an jenem Ende der Stangen, nach partieller Abkühlung derselben, die entgegengesetzten Pole von denen, welche nach der partiellen Erwärmung derselben an den Kanten oder Flächen erschienen waren. Dies ist ein allgemeines Gesetz für alle einer magnetischen Polarisation fähigen geraden Metallstangen, wie verschieden auch die Lage der Pole an den beiden Enden, der Mitte u. s. w. sein mag. — Die Abkühlung der heissen Stangen kann im Wasser oder Weingeist geschehen, der Erfolg bleibt immer derselbe; auch lässt sie, so wenig als die partielle oder totale Erwärmung der Stangen, eine bleibende Veränderung in denselben zurück. Nach jeder neuen Erwärmung findet man die Pole an denselben Stellen und in gleicher Stärke, wie bei der ersten Erwärmung und vor der plötzlichen Abkühlung. — Ist das Ende α durch Abkühlung polar geworden, so wird β,

welches nicht abgekühlt worden, bis zur Mitte der Stange unpolar gefunden, analog dem Verhalten der kalten und bloss in α erwärmten Stange am Ende β.

Der Magnetismus hält sich in den einfachen geraden Metallstangen von der angegebenen Dicke länger als in dünnen Stangen, die übrigen Dimensionen gleich gesetzt. — Nach dem Zerbrechen einiger der wirksamsten Antimonstäbe fand sich, dass diese oder die Enden derselben, welche eine stärkere magnetische Polarität bei partieller Erwärmung gezeigt hatten, strahlen- oder sternförmig gegen den Mittelpunkt zu krystallisirt waren. Nur in wenigen der feinkörnig krystallisirten Stücke war die Polarisation jenen in der Stärke gleich, in den meisten schwächer, und diejenigen, welche bei der Erwärmung am [361] schwächsten polar gefunden wurden, waren alle ohne Ausnahme feinkörnig krystallisirt.

Da die meisten jener Stangen aus Antimon, wie er im Handel vorkommt, bestanden, dieser aber Eisen enthält, wenn gleich nur in geringer Menge, so wurde versucht, ob jene Stangen nicht auch durch Streichen mit starken Magnetstäben eine Polarität annehmen. Dies erfolgte nicht; ja selbst Bruckstücke von Antimonstäben, die durch Temperaturveränderung leicht magnetisch wurden, folgten nicht einmal dem Magnet, als sie in Papierschälchen auf Wasser oder Quecksilber schwammen. Stangen von reinem Antimon, doch gegossen in eisernen Formen, verhielten sich denen von käuflichem Antimon gleich.

Stangen von Wismuth zeigten ganz dasselbe Verhalten wie die von Antimon. An den meisten derselben waren deutliche Pole zu erkennen, wenn das eine oder das andere Ende der Stangen erwärmt wurde; und die Polarität jener Enden war die entgegengesetzte von der vorigen, wenn die gleichförmig erhitzte Wismuthstange an demselben Ende in Weingeist plötzlich abgekühlt wurde.

An einfachen geraden Stangen von reiner Platina, feinem Silber (Brandsilber), Messing und geschmiedetem Kupfer war keine deutliche Polarisation, weder bei Erwärmung noch bei Abkühlung eines Endes derselben, zu bemerken. Nur an einer einzelnen gegossenen Kupferstange zeigte sich ein höchst schwacher Magnetismus, doch keine regulären Pole. Eine gegossene Zinkstange bewirkte, nach Erwärmung des einen Endes derselben, eine schwache doch deutliche Bewegung der Magnetnadel, und hatte bestimmte Pole.

Beträchtlicher war die magnetische Polarisation einiger Alliagen, namentlich der aus Wismuth mit Kupfer, und aus Wismuth mit Antimon gebildeten. Die ersteren wurden in allen drei § 40 angegebenen Verhältnissen, bei Erwärmung der Enden, stark magnetisch, die letzteren wurden schwächer, doch immer deutlich polar. — Die Alliagen von Antimon und Zink in den drei § 40 angegebenen Verhältnissen wirkten, nach partieller Erwärmung, stark auf die Magnetnadel. Auch die Alliagen von Antimon mit Kupfer zeigten, unter gleichen Umständen, eine schwache Polarität, welche in dem Alliage von Antimon mit Kupfer zu gleichen Theilen am stärksten und [362] in dem von einem Theil Antimon mit drei Theilen Kupfer am schwächsten war.

In allen diesen Stangen kann nur dadurch eine Polarität bei partieller Erwärmung oder Abkühlung erfolgen, dass die oberhalb und unterhalb der Pole gelegenen Theile der Stangen von verschiedener Beschaffenheit sind (im Mischungsverhältnisse, der Dichtigkeit, Härte, Wärmeleitung u. s. w.). Es unterscheiden sich also diese geraden einfachen Metallstäbe nur darin von den oben § 46 angeführten gegossenen Ringen von Antimon und Wismuth, dass in jenen die beiden heterogenen Hälften unmittelbar ihrer ganzen Länge nach, in den Ringen aber nur die Enden mit einander in Berührung stehen. — Eine Antimonstange $\alpha\beta$ Fig. 29, deren s Pol bei Erwärmung von α an der Kante a', und deren n Pol an der Kante b' liegt, ist also anzusehen wie ein zusammengedrückter Kreis, bestehend aus zwei heterogenen Theilen, $a'\ b'\ c'\ c\ b\ a$ und $a'\ b'\ d'\ d\ b\ a$, von welchen der obere Theil $c'\ c$ sich als westliches (antimonartiges), der untere Theil $d'\ d$ sich als östliches (wismuthartiges) Metall verhält, — in welchem Kreise $d'\ c'\ c\ d$, durch die Temperatur-Differenz von $d'\ c'$ gegen $d\ c$, eine magnetische Polarisation hervorgerufen wird, wenn gleich jene beiden heterogenen Hälften sich der ganzen Länge nach in $a'\ a\ b'\ b$ mit einander in Berührung befinden. — Wäre nun die ganze obere Hälfte der Stange der ganzen Länge nach von c' bis c'' westliches Metall und die untere Hälfte von d' bis d'' östliches Metall, so würde bei der Erwärmung des Endes β der n Pol in a'' und der s Pol in b'' liegen müssen; es würde sich ferner bei Erwärmung der Mitte der Stange ein anomaler Magnet, mit doppelten, entgegengesetzt liegenden

Polen bilden müssen, wie der oben beschriebene, d. h. es würde hier links von *a* ein *n* Pol und rechts ein *s* Pol, und an der gegenüberliegenden Kante *b* links ein *s* Pol und rechts ein *n* Pol hervortreten müssen (s. Fig. 30), weil durch die Erwärmung in der Mitte zwei polare Kreise, *d' c' c d* und *d'' c'' c d*, entstehen, welche sich gegen einander in umgekehrter Lage befinden. — Es ist leicht einzusehen, dass eine Stange, welche ihrer ganzen Länge nach gleichförmig erwärmt worden, nach der partiellen plötzlichen Abkühlung der Enden oder der Mitte, die entgegengesetzte Polarität wie nach der partiellen Erwärmung dieser Theile wird zeigen müssen.

[**363**] Wenn die schwache, sich im Guss jener Metalle und Metallmischungen bildende Heterogenität diesen schon das Vermögen zur magnetischen Polarisation ertheilen konnte, so war von Apparaten, in welchen zwei verschiedene Metalle der ganzen Länge nach durch Schmelzung mit einander verbunden worden, eine beträchtlich stärkere Wirkung zu erwarten, wodurch denn auch die schon aus jenen regulären einfachen Stangen, im Sinne der eben gegebenen Erklärung zu unternehmende genaue Bestimmung der Lage der heterogenen Theile in den übrigen, wenn auch noch so verschieden polarisirten einfachen Stangen, eine neue und wichtige Bestätigung erhalten musste.

In dieser Beziehung wurden mehrere zweigliedrige gerade Metallstangen verfertigt, namentlich aus Wismuth mit Antimon, aus Glockengut mit Antimon, aus Kupfer mit Antimon und aus Zink mit Antimon, in welchen je zwei der genannten Metalle der ganzen Länge nach durch Schmelzung (nicht durch Löthung) mit einander verbunden

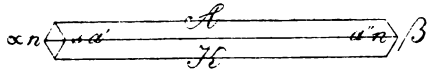


Fig. 31.

waren (s. Fig. 31). Die magnetische Polarität in diesen Stäben verhielt sich, nach partieller Erwärmung der Enden oder der Mitten derselben, genau so wie an den zuletzt erwähnten, ihnen ähnlichen einfachen Metallstäben, welche sie nur in der Stärke der Polarität übertrafen, nicht aber bedeutend in der Ausdehnung des bei der Erwärmung polarisirten Theils. In Fig. 31 ist die Lage der Pole an einem aus

Kupfer und Antimon zusammengesetzten Stabe angegeben, welche nach Erwärmung der Enden α und β erscheinen, wenn die Mitte kalt ist, woraus zugleich zu ersehen, dass sich hier eben so wohl wie bei der Erwärmung der Mitte des Stabes, während die Enden desselben die gewöhnliche Temperatur behalten, Doppelmagnete bilden, wie oben beschrieben und Fig. 30 abgebildet worden. — Giebt man der zweigliedrigen Stange (Fig. 31) die Stellung, dass der heisse Berührungspunkt (z. B. das Ende α) sich unten befindet, während der n Pol derselben gegen Norden gerichtet ist, so findet man auch hier das in unserer magnetischen Reihe (§ 31) tiefer stehende Metall in W, das andere in O; also genau so wie in den zweigliedrigen Kreisen, von welchen sich die zweigliedrigen Stäbe nur durch schwächere Action unterscheiden.

[364] Aus diesem für alle Arten von einfachen und zweigliedrigen Kreisen und geraden Metallstangen geltenden Polarisations-Gesetze ergiebt sich also, dass jede Abweichung der Lage der magnetischen Pole von der Fig. 30 und 31 angeführten regelmässigen Vertheilung derselben, als eine sichere Anzeige von einer Ungleichheit in der Lage der heterogenen Theile der Apparate anzusehen sei. Würde z. B. an der einfachen Metallstange Fig. 29 bei Erwärmung von α der s Pol in a', der n Pol in b', bei Erwärmung von β der s Pol in c'' und der n Pol in d'' gefunden, so folgt daraus, dass die heterogenen Theile an beiden Enden der Stange sich in der unregelmässigen Lage befinden, dass am Ende α das westliche Metall oben, das östliche unten, am Ende β aber das westliche Metall vorne in a'' a, das östliche Metall hinten in b'' b liegt*).

*) Die an den gegossenen Ringen von Antimon gemachte Erfahrung, dass die zur magnetischen Polarisation derselben erforderliche Heterogenität sich während des Gusses durch ungleiche Abkühlung des Metalls erzeuge, liess erwarten, dass die Heterogenität in den einfachen geraden Stangen denselben Ursprung habe. Später angestellte Versuche bestätigten dies. — An einer Stange von Antimon, welche in einer halb heissen und halb kalten eisernen Form gegossen worden war, wurden bei partieller Erwärmung oder Erkältung deutliche Pole gefunden, und zwar an den einander gegenüber liegenden Kanten, wo die kalte und warme Hälfte der Form mit einander in Berührung gewesen waren. Wurde das obere Ende der Stange (α Fig. 29), welches sternförmig krystallisirt war, allein erwärmt, so befand

Der aus Kupfer und Antimon zusammengesetzte Apparat, welcher in der Fig. 31 angegebenen Form ein Transversal-Magnet zu nennen war, wird leicht in einen, den gewöhnlichen Magnetstäben ähnlichen Longitudinal-Magnet verwandelt,

---

sich, indem der s Pol desselben in a', der n Pol in b' lag, der Theil der Stange, welcher in der heissen Hälfte der Form erstarrt war, oben, der aus der kalten Hälfte der Form unten; $c'c$ verhielt sich also als westliches und $d'd$ als östliches Metall. Bei Erwärmung des unteren Endes β, welches feinkörnig krystallisirt war, lag der s Pol gleichfalls an der Kante a'', der n Pol in b'', wenn der in der heissen Hälfte der Form erstarrte Theil der Stange sich oben befand; hier verhielt sich also $c''c$ als östliches und $d''d$ als westliches Metall. — In der Polarisation stimmt das obere Ende dieser Stange (α) mit der des gegossenen Ringes von Antimon (§ 46) völlig überein, nicht minder auch mit der Polarisation des aus zwei Antimonstangen zusammengesetzten und § 46 in der Note beschriebenen Kreises, bei erhöhter Temperatur der obern Enden (α und α') dieser Stangen. Denn an diesem Apparate verhält sich α der Stange aus der heissen Form als westliches und α' der Stange aus der kalten Form als östliches Metall, wenn α und α' gleichzeitig erwärmt werden, hingegen β und β' jener beiden Stangen kalt bleiben; — und in der einfachen in halb heisser und halb kalter Form gegossenen Stange fanden wir, bei Erwärmung des Endes α, den in der heissen Hälfte erstarrten Theil gleichfalls als westliches, und den in der kalten Hälfte erstarrten Theil als östliches Metall. Das untere Ende β der einfachen Antimonstange weicht aber von dem Verhalten des eben erwähnten aus zwei Stangen zusammengesetzten Kreises an den Enden β und β' ab, indem an jener das Metall aus der heissen Hälfte der Form sich als östliches, das aus der kalten Hälfte als westliches verhält; während in dem aus zwei Stangen zusammengesetzten Kreise die aus der heissen Form sich fortwährend als westliches und die aus der kalten Form sich als östliches Metall verhält. — Das abweichende Verhalten dieser einfachen Antimonstange am Ende β rührt wahrscheinlich daher, dass das fliessende Metall, welches gegen die heisse Hälfte der Form ($c'c''$ Fig. 29) zu gegossen wurde, in c abprallte und gegen d'' zurückgeworfen wurde, von wo es, getrieben durch das nachfliessende Metall, in die Hälfte c'' stieg und dort erst erstarrte; wodurch denn dieser Theil des Metalls sich gegen das in d'' später erstarrte, als das aus der kälteren Hälfte kommende verhalten musste. Die Polarität war am Ende β dieser Stange auch sehr viel schwächer als am Ende α bei gleicher Temperatur-Veränderung, entsprechend dem schwächeren Gegensatze, welcher sich unter den angegebenen Bedingungen in β nur bilden konnte. An einer in halb heisser und halb kalter eiserner Form gegossenen Stange von Glockengut war, nach Erwärmung der Enden, keine solche magnetische Polarität zu entdecken, wie an jener Stange von Antimon.

wie aus Fig. 32 zu ersehen. Dieser Apparat, welcher sich von dem Fig. 11 dargestellten darin unterscheidet, [**365**] dass die Kupfer- und Antimonplatten in demselben der ganzen Länge und Breite nach durch Schmelzung mit einander verbunden sind, steht dem letzteren, bei gleicher Grösse und Temperaturerhöhung der einen Seitenfläche, in demselben Verhältnisse nach, wie die zweigliedrige Stange Fig. 31 dem zweigliedrigen, aus denselben Metallen zusammengesetzten Kreise. In der Stärke und Dauer der magnetischen Polarisation übertrifft aber der Fig. 32 dargestellte Longitudinal-Magnet den Transversal-Magnet Fig. 31 bedeutend, wie aus der Verschiedenheit der plötzlich erregten Temperatur-Differenz in den äusseren Berührungspunkten α und β jener beiden Apparate leicht zu ermessen ist.

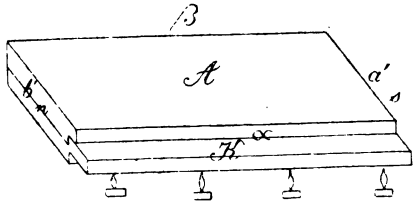


Fig. 32.

50. Scheiben von Antimon oder von Wismuth wurden, nach Erwärmung einzelner Theile derselben, in nicht minderem Grade magnetisch gefunden, als die einfachen Stangen von diesen Metallen. Auch in den Scheiben war die Polarität um so stärker, je dicker sie waren. — Aus der Fig. 33 gegebenen Darstellung der Polarisation einer $\frac{1}{2}$ Zoll dicken Scheibe von Antimon ist zu ersehen, dass jeder Theil einer solchen Scheibe, nach der Erwärmung jedes der einzelnen Punkte von [**366**] A bis F und D, völlig in derselben Art polarisirt ist, wie es auch ein Segment der Scheibe gewesen sein würde, wenn es in der Mitte allein in der Temperatur erhöht worden wäre. Denn eben so wie durch Erwärmung der Scheibe $A\,B\,C\,F\,E\,D$ am Punkte A sich ein Doppelmagnet bildet, an welchem links von A auf der obern Fläche ein n Pol und auf der untern Fläche ein s Pol, rechts von A aber oben ein s Pol und unten ein n Pol hervortritt, eben

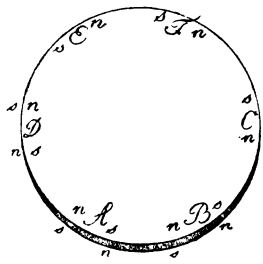


Fig. 33.

so würde auch das Segment *A B D* bei alleiniger Erwärmung des Punktes *A* polarisirt sein. — Eine so regelmässige Lage der Pole, wie die in Fig. 33 abgebildete Scheibe nach Erwärmung der einzelnen Punkte *A* bis *F* und *D* zeigte, findet man nur selten; gewöhnlich sind an einigen der einander nahe liegenden Punkte zwei gleichnamige Pole einander zugekehrt, wenn auch die Folge der Pole an den übrigen Punkten alternirend ist, wie in Fig. 33. In dieser Scheibe Fig. 33 unterschieden sich einige der erwärmten Punkte nur in der Stärke der Polarität von einander, auch lagen die entgegengesetzten Pole an der obern und untern Fläche der Scheibe bald der Kante näher, bald entfernter von derselben.

Eine hohle, in einem Guss verfertigte Kugel von Antimon wurde nach Erwärmung einzelner Stellen gleichfalls magnetisch polar, und zwar (analog der oben erwähnten Scheibe) völlig so wie auch ein Segment der Kugel bei Erwärmung des Mittelpunktes desselben für sich polar geworden wäre, d. h. es zeigten sich diesseits und jenseits des erwärmten Punktes *A* an der äussern Fläche ein *n* und ein *s* Pol. Jeder dieser Pole schien die Hälfte des Segments einzunehmen, so dass man in einer Ebene, welche wir die Aequatorialebene der Kugel nennen wollen, diesseits *A* einen *n* Pol und jenseits *A* einen *s* Pol, desgleichen in der die vorige rechtwinklig schneidenden Meridianebene oberhalb *A* einen *n* Pol und unterhalb *A* einen *s* Pol fand. Die Lage der Pole bei Erwärmung anderer Punkte der Kugel wich von der in *A* in manchen Stücken ab. — Wäre jedoch die Polarisation an einem zweiten Punkte *B* der von *A* völllg gleich gewesen, so würde in der Aequatorialebene der *n* Pol von *B* dorthin fallen, wo der *s* Pol von *A* lag, der *n* Pol in der Meridianebene aber oberhalb *B* nahe neben dem *n* Pol oberhalb *A*, und der *s* Pol unterhalb *B* nahe neben dem *s* Pol unterhalb *A*. Es ist also leicht einzusehen, dass in einer regulären [**367**] Kugel, in welcher die sämmtlichen in der Aequatorialebene liegenden, in der Temperatur erhöhten Punkte einander in der Polarisation gleich wären, die in der Aequatorialebene liegenden Theile der magnetischen Pole einander gegenseitig schwächen, und dass dagegen die in den Meridianebenen liegenden Theile jener Pole einander gegenseitig verstärken müssen, dass also die Polarität in den Meridianebenen schon hierdurch das Uebergewicht über die in der Aequatorialebene erhält; dass ferner jene in den Meridian-

ebenen oberhalb und unterhalb der Punkte $A\,B\,C\,D\ldots$ liegenden entgegengesetzten Pole noch beträchtlich verstärkt und ausgedehnt würden, wenn die Endpunkte jener Meridiane stark abgekühlt würden, während die Mitten derselben erwärmt werden; dass ferner jede im entgegengesetzten Sinne erfolgende Polarisation eines einzelnen Punktes in der Aequatorialebene die durch die Mehrzahl jener Punkte gesetzte Polarität des ganzen Körpers schwächen muss, u. s. w.

51*. Eine viel stärkere magnetische Polarisation als jene einfache Metallkugel würde eine aus verschiedenen Erdarten, Erzen und Metallen zusammengesetzte Kugel zeigen, wenn die Erze und Metalle einen zusammenhängenden, symmetrisch geordneten Gürtel in derselben bildeten, und von den Berührungspunkten derselben einer um den anderen in der Temperatur erhöht würden. Befänden sich in einer ähnlichen Kugel mehrere einander parallel laufende Erz- und Metallgürtel, so würde die magnetische Polarität dieser Kugel stärker sein, als die der vorigen, von einem einfachen Erz- und Metallgürtel (von gleicher Dicke mit einem der Gürtel in dieser) in einem der grössten Kreise durchzogenen Kugel, wenn die Ordnung aller in jenen Parallelzonen gelegenen Metalle und Erze gleichartig wäre, und die Temperatur-Differenz je zweier einander zunächst liegenden Berührungspunkte der in der erstgenannten Kugel gleich wäre. Die magnetische Polarität einer solchen mehrere parallele Erz- und Metallgürtel enthaltenden Kugel kann aber schwächer sein, als die der Kugel mit einfachem Gürtel, wenn entweder die Ordnung der Metalle und Erze in einer beträchtlichen Zahl von Gliedern in jenen Gürteln der Ordnung in den übrigen entgegengesetzt, und die Temperatur-Verschiedenheit der alternirenden Berührungspunkte in allen jenen Gürteln gleich wäre, — oder wenn die Ordnung [368] der Metalle und Erze in allen jenen Gürteln zwar gleich, aber die Folge und Ordnung vieler der heissen und kalten Berührungspunkte unsymmetrisch wäre; da in beiden Fällen ein Theil der Gliederpaare die durch die übrigen gesetzte magnetische Polarität aufheben würde.

Als eine solche, von Erz- und Metallgängen durchzogene Kugel, kann die Erdkugel, welche wir bewohnen, angesehen werden. Ueberall, wo nur Differenz der Temperatur an den Berührungspunkten der mit einander zusammenhängenden Erz- und Metallgänge statt findet, wird Magnetismus hervorgerufen werden, welcher um so stärker sein muss, je grösser die Zahl

der in gleichem Sinne wirkenden Gänge und je grösser das Volumen derselben ist. Die in der Temperatur erhöhten Berührungspunkte werden dort liegen, wo die atmosphärische Luft zum Innern der Erdrinde bis auf beträchtliche Tiefen hinab Zutritt hat, also an den Orten wo sich Vulkane befinden oder in der Nähe derselben. Die kalten Berührungspunkte jener Erz- und Metallgänge wird man aber dort zu suchen haben, wo die Luft directe keinen Zutritt hat; und an solchen Punkten wird es ohne Zweifel im Innern der Erdrinde auch nicht fehlen. Wodurch auch der chemische Process, welcher die Vulkane erzeugt, eingeleitet werde, so wird doch der Zutritt der atmosphärischen Luft denselben befördern, und so wird er auch die etwa durch Einwirkung des Wassers auf Erze oder Metalle schon begonnene Temperaturerhöhung beträchtlich steigern, wie analoge in unsern Laboratorien vorkommende Erscheinungen erwarten lassen.

Es ist, wie leicht einzusehen, eben nicht eine unerlässliche Forderung, dass die Temperaturerhöhung durch Einwirkung der atmosphärischen Luft den Berührungspunkt zweier verschiedenen Erze und Metalle unmittelbar treffe; eine magnetische Polarisation wird auch dann entschieden stattfinden, wenn der mit dem Vulkan zusammenhängende Theil des Metall- und Erzganges sich in der Nähe des Berührungspunktes desselben mit einem andern Metall oder Erze befindet, und wenn der nächstfolgende Berührungspunkt derselben in der Temperatur bedeutend tiefer steht.

Die beiden grossen Herde unterirdischen Feuers in der Nähe des Erdäquators, die von Mexiko, Guatimala und Quito, — desgleichen die von den Sundainseln, den Molukken und Philippinen an der [369] andern Seite des stillen Meeres, würden, durch Gänge von Metallen und Erzen mit einander zusammenhängend, in Verbindung mit der Thätigkeit an den zwischen ihnen liegenden kälteren Berührungspunkten jener Erze und Metalle, für sich schon der Erde eine magnetische Polarität geben, welche eine entschiedene Wirkung auf die Declinations- und Inclinationsnadeln, wenn auch eine in manchen Stücken von der, welche wir jetzt auf der Erde finden, abweichende hervorbringen würde.

Die durch diese in der Temperatur verschiedenen Berührungspunkte der in der Aequatorialzone gelegenen Erz- und Metallgänge gesetzte Polarität der Erde würde noch beträchtlich verstärkt werden, wenn die übrigen zu beiden Seiten

des stillen Meeres liegenden, zum Theil meridianartig auf dem magnetischen Aequator stehenden und die geographischen Meridiane unter kleinen Winkeln durchschneidenden Reihen-Vulkane, nämlich die von Patagonien, Chili, Peru, Neu-Norfolk, vielleicht auch die von jenen in der Richtung verschiedenen der Halbinsel Alaschka und der Aleutischen Inseln, — desgleichen die in der Westaustralischen Reihe, den Marianeninseln, den Japanischen und Kurilischen Inseln und in Kamtschatka, gleichartig mit den beiden angeführten Herden unterirdischen Feuers in der Nähe der Aequatorialzone wirkten, indem die Ordnung der Metalle und Erze in jenen Parallelkreisen mit der in dieser Zone übereinstimmte. — Mögen diese Metall- und Erzgänge auch vielfach unter einander anastomosiren, ja mögen einzelne Theile jener oben als zusammenhängend angenommenen Erz- und Metallgürtel auch immerhin stellenweise unterbrochen sein, und durch die unter oder über ihnen liegenden Gürtel ergänzt und in Zusammenhang mit entfernter liegenden Theilen derselben Zone gebracht werden, kurz mögen diese Erz- und Metalladern vollkommen netzartig die Erdrinde durchziehen, so wird die magnetische Polarität des ganzen Erdkörpers durch die vermehrte Zahl der meridianartig vertheilten und in gleichem Sinne wirkenden, in der Temperatur verschiedenen Berührungspunkte immer beträchtlich verstärkt werden.

Manche jener durch Vulkane bezeichneten heissen Berührungspunkte der Erze und Metalle mögen immerhin im entgegengesetzten Sinne wirken, [370] dem Erdkörper bleibt stets eine magnetische Polarität, wofern nur die Mehrzahl der Berührungspunkte in gleichem Sinne wirkt.

Noch eine dritte Reihe von meridianartig auf unserer Erde vertheilten Vulkanen könnte sich den beiden erstgenannten, das stille Meer einfassenden Vulkanzügen gleichwirkend verhalten, nämlich die Vulkane von Island, den Azorischen, Canarischen, Cap Verdischen Inseln, der Insel Ascension, (*bis zur Insel Marquis de Traverse und dem Sandwichlande herab). — Ein unmittelbarer Zusammenhang dieser Vulkane mit einander von Norden nach Süden ist zu dieser Wirkung nicht erforderlich; jeder derselben kann für sich auf einen besondern Theil der Erz- und Metallgürtel wirken, so wie denn auch die Reihen-Vulkane in den erstgenannten beiden, das stille Meer einfassenden Zügen

diesen Central-Vulkanen darin vollkommen gleichen möchten, dass die Herde derselben auch auf einen von den übrigen getrennten Raum beschränkt sind, welcher bei den ersteren vielleicht nur grösser als bei den letzteren ist; wie es denn z. B. von dem Herde der Reihen-Vulkane in Mexico, welcher den Continent in einer Länge von 105 geographischen Meilen von *OgS* nach *WgN* durchschneidet, desgleichen vielleicht von den Aleutischen Inseln u. s. w. gilt, welche die Central-Vulkane wenigstens in einer Dimension übertreffen, ohne dadurch in ihrem Werthe als einfache Erregungspunkte des Magnetismus der Erde sich von den Central-Vulkanen zu unterscheiden. — Erstreckte sich der Herd von einem oder dem andern jener Reihen-Vulkane auf mehrere hundert Meilen von Norden gegen Süden, so könnte wohl mehr als ein Erz- und Metallgang mit demselben verbunden sein; es zählen aber dann alle diese Gänge zusammen, in Beziehung auf die magnetische Polarisation des ganzen Erdkörpers, nur als ein einfaches Glied.

Wären nun jene drei den magnetischen Aequator meridianartig durchschneidenden Vulkanzüge gleichwirkend, so würde also die Mehrzahl der die magnetischen Erdpole setzenden Erz- und Metallgürtel sechsgliedrig sein; und es würden zwischen jenen drei heissen Berührungspunkten drei kalte liegen müssen. Jene Gürtel können aber wohl theilweise durch die übrigen Vulkane, wie z. B. durch die der [371] Sandwichinseln, desgleichen der Marquesas-, Gesellschafts- und Freundschaftsinseln, so wie auch durch die Vulkane im Mittelmeere, an Arabiens Küste und auf der Insel Bourbon in noch mehrere Glieder getheilt sein, und auch wohl in solche, die auf die magnetische Totalkraft der Erde schwächend einwirken, wie dies z. B. durch die Vulkanherde der Gesellschafts- und Freundschaftsinseln und einiger andern Inselgruppen bis zu den neuen Hebriden hin, desgleichen auch durch die der Gallopagosinseln oder der Antillen, so wie durch die Vulkane im mittelländischen Meere u. s. w. geschehen könnte.

Die Lage der verschiedenen Glieder in den Erz- und Metallgürteln betreffend ist zu bemerken, dass in allen die magnetischen Erdpole (+ *M* in Norden und — *M* in Süden) setzenden Gürteln dasjenige Erz oder Metall, welches bei dem hohen Temperaturgrade, dem es am heissen Punkte im Innern

der Erde ausgesetzt ist, in unserer magnetischen Reihe die höhere Stelle einnimmt, am heissen Berührungspunkte in Osten, das in jener Reihe tiefer stehende in Westen liegt.

Die grossen periodischen Veränderungen in der magnetischen Polarität der Metalle sind also eine Folge von Aenderungen der Verhältnisse der jene Polarität erregenden, in der Temperatur verschiedenen Punkte im Innern der Erde, und der daraus hervorgehenden Aenderungen in der magnetischen Polarisation der netzartig mit einander verbundenen Erz- und Metallgürtel. Die regelmässige Fortschreitung der als magnetische Achse des ganzen Erdkörpers zu betrachtenden Linie während eines grösseren Zeitraums kann nur bei einer gleichzeitig und in einer bestimmten Richtung statt findenden Aenderung in dem Verhalten der Mehrzahl jener Punkte gegen einander, und wohl vorzüglich bei der Aenderung der nach gleicher Richtung sich fortpflanzenden Entzündungen oder sich weiter ausdehnenden Feuerherde eintreten. Der scheinbar so unregelmässige Uebergang des Systems von Linien gleicher Declination innerhalb eines Zeitraums von hundert bis hundertundfunfzig Jahren wird nun minder paradox erscheinen, wenn man erwägt, dass in jenen grösstentheils isolirt liegenden Feuerherden die Thätigkeit nicht immer gleich stark sein mag, und dass manche derselben nur mit verhältnissmässig schwachen Erz- und Metallgängen in Verbindung stehen mögen, oder [372] mit Gängen, welche der Erdoberfläche nahe liegen, wodurch denn wohl locale, und nur auf kleinere Räume beschränkte Aenderungen in den Declinationscurven eintreten können.

Auch die merkwürdige Erscheinung, dass einzelne Linien der gleichen Declination unverändert blieben, während die übrigen sich in der Form beträchtlich veränderten, und dass an den Orten, welche unter jenen Linien liegen, selbst in dem beträchtlichen Zeitraum von hundert und funfzig Jahren die Declination unverändert dieselbe blieb, wie namentlich in Jamaika, St. Catharina, an der Ostseite der Insel Madagascar und in Cairo von 1675 bis 1789, besteht vollkommen mit den aus dem Zusammenhange des Erdmagnetismus mit dem Erdvulkanismus in der hier angegebenen Form sich ergebenden Gesetzen, wie umständlicher an einem andern Orte nachgewiesen werden soll.

Die Lage des magnetischen Aequators gegen den

geographischen Aequator der Erde zeigt an, dass die Mitte der den Erdkörper durchziehenden grösseren Erz- und Metallgürtel in der Nähe des letzteren liegt, und dass der grösste dieser die magnetischen Erdpole setzenden Gürtel sich zum Theil nördlich, zum Theil südlich durch den Erdäquator hinzieht; und der Parallelismus der übrigen Curven, in welchen die Inclination der Magnetnadel gleich gross ist mit jenem magnetischen Aequator, spricht für die parallele Lage auch der übrigen, zur Erzeugung der magnetischen Erdpole mitwirkenden Erz- und Metallgürtel.

Die aus Herrn *v. Humboldt*'s Untersuchungen sich ergebende Zunahme der Kraft des Erdmagnetismus vom magnetischen Aequator gegen die Pole zu, stimmt gleichfalls mit den sämmtlichen in dieser Abhandlung, so wie in der Abhandlung über den Magnetismus der galvanischen Kette, in dem vorigen Bande der Denkschriften der Königl. Akademie, angeführten Thatsachen und den aus diesen abgeleiteten Gesetzen über die magnetische Polarisation der aus ein, zwei oder mehr Gliedern zusammengesetzten metallischen Kreise, Cylinder u. s. w. vollkommen überein.[18])

Zu den für ein festes Verhältniss zwischen dem Erdmagnetismus und Erdvulkanismus sprechenden Thatsachen gehört auch die bei Erdbeben wahrgenommene Veränderung im Stande der Magnetnadel, vornehmlich die von Herrn *v. Humboldt* entdeckte bleibende Verminderung [373] der Inclination der Magnetnadel bei dem Erdbeben von Cumana im Jahre 1799. Ob man berechtigt sei auch die Veränderungen, welche bei Nordlichtern, Stürmen, Gewittern und plötzlichen Witterungsveränderungen bisweilen im Stande der Magnetnadel eintreten, auch hierzu zu zählen, steht dahin; doch ist es wohl als sehr wahrscheinlich anzusehen, dass diese in unserer Atmosphäre sich ereignenden Erscheinungen nicht bloss auf den äussern Luftkreis der Erde allein beschränkt sind, sondern auch wohl mit den im Innern derselben vorgehenden chemischen Processen und deren verschiedenen periodischen Schwankungen in Verbindung stehen. Da nun Veränderungen der Magnetnadel häufig diesen meteorischen Erscheinungen vorhergehen, und *Canton*'s Erfahrungen zu Folge die niedrigsten Nordlichter gerade den schwächsten Einfluss auf die Abweichung zeigen, so wird man die Veränderungen der Declination nicht diesen Meteoren selbst zuschreiben können, sondern man wird diese als gleichzeitig mit den magnetischen Veränderungen

eintretende, und also auch von derselben Ursache, welche die letzteren bewirkt, abhängige Erscheinungen ansehen müssen; was auch noch dadurch bestätigt wird, dass nicht selten Veränderungen der Magnetnadel gleichzeitig mit jenen Meteoren statt finden, an Orten wo diese selbst nicht wahrzunehmen sind.

Ohne in das Einzelne der übrigen tellurisch-magnetischen Erscheinungen eingehen zu wollen, bemerke ich nur noch, dass selbst diejenigen, bei welchen eine Einwirkung von aussen unverkennbar ist, wie z. B. die jährlichen und täglichen Variationen der Declinationsnadeln, eine sie mannigfaltig ändernde eigenthümliche Wirkung des Erdkörpers anzuerkennen nöthigen.

Und so sprechen denn alle hier angeführte Thatsachen für die Erzeugung des Erdmagnetismus durch eigene, innere Thätigkeit des Erdkörpers, wo dann die vulkanische Thätigkeit, die mächtigste von allen, nothwendig auch den grössten Einfluss ausüben muss.

Tabelle I.

In Süden. / In Norden.	Wismuth	Nickel	Kobalt	Palladium	Platina Nr. 1	Uran	Gold Nr. 1	Kupfer Nr. 1	Messing	Platina Nr. 2	Quecksilber
Tellur	O	O			O	O	O	O	O	O	O
Antimon	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Arsenik	O	O			O	O	O	O	O	O	
Stabeisen	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Stahl	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Cadmium	O	O			O	O	O	O	O		
Platina Nr. 4	O	O			O	O	O	O	O		
Kupfer Nr. 3	O	O			O	O	O	O	O		
Zink	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Silber	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Gold Nr. 2	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Rhodium	O	O			O	O	O	O	O		
Kupfer Nr. 2	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Platina Nr. 3	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Chrom	O	O			O	O	O	O	O		
Zinn	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Blei	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Quecksilber	O										
Platina Nr. 2	O	O			O	O	O	O	O		
Messing	O	O	O	O	O	O	O	O	W	W	W
Kupfer Nr. 1	O	O	O	O	O	O	O	O	W	W	W
Gold Nr. 1	O	O	O	O	O	O	O	O	W	W	W
Uran	O	O			O	O	O	O	W	W	W
Platina Nr. 1	O	O	O	O	W	W	W	W	W	W	W
Palladium	O	O			W	W	W	W	W	W	W
Kobalt	O	O	O	O	W	W	W	W	W	W	W
Nickel	O	O	W	W	W	W	W	W	W	W	W
Wismuth	O	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W

Blei	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinn	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chrom . . .	W	W			W			W	W			W				0		0	0	0				0	0		0	
Platina Nr. 3	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		W	W			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kupfer Nr. 2	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhodium . .	W	W			W		W	W	W			W	W		W	W		0	0	0				0	0		0	
Gold Nr. 2 .	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		W	W	W	W	W	W		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Silber . . .	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zink	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		0	0	0	0	0	0	0	0
Kupfer Nr. 3	W	W			W		W	W	W			W	W		W	W		W	W	W				0	0		0	
Platina Nr. 4	W	W			W		W	W	W			W	W		W	W		W	W	W				0	0		0	
Cadmium . .	W	W			W		W	W	W			W	W		W	W		W	W	W				0	0		0	
Stahl	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		0	0	0	0
Stabeisen . .	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		0	0	0
Arsenik . .	W	W			W		W	W	W			W	W		W	W		W	W	W				W	W		0	
Antimon . .	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		0
Tellur . . .	W	W			W		W	W	W			W	W		W	W		W	W	W				W	W		W	

Tabelle II.

In Norden. / In Süden.	Wismuth	Nickel-Legirung	Palladium	Platina Nr. 1	Platina Nr. 3	Platina Nr. 4
Antimon	O			O		
Silber						
Zink						
Gold Nr. 2						
Kupfer Nr. 2					O	O
Gold Nr. 1					O	O
Kupfer Nr. 1					O	
Kupfer Nr. 0					O	O
Messing Nr. 1					O	
Stabeisen		O			O	O
Stahl						
Zinn				O		
Blei				O	O	
Platina Nr. 4						
Platina Nr. 3				O		
Platina Nr. 1	O	O	O		W	
Palladium				W		
Nickel-Legirung				W		
Wismuth				W		

Blei				W	W			0	0	0	0	0	0	0	0		0		
Zinn				W			W		0			0	0		0		0		
Stahl							W	W			0	0			0	0		0	
Stabeisen		W			W	W	W				0	0	0	0			0	0	
Messing Nr. 1 . .					W		W		W	W		0	0	0			0	0	
Kupfer Nr. 0 . . .					W	W	W	W	W	W	W		0	0					
Kupfer Nr. 1 . . .					W		W	W		W	W	W		0					
Gold Nr. 1. . . .					W	W	W			W	W	W	W		0	0			
Kupfer Nr. 2 . . .					W	W	W	W	W					W			0		0
Gold Nr. 2									W					W			0	0	
Zink							W	W		W	W				W	W		0	0
Silber									W	W	W					W	W		
Antimon.	W			W											W		W		